

無線電學

無

線

電

學

編 著 者

倪
倪

尚
也

達
志



1984-1

鄒宇
1984.30

南京鍾山書局出版

無 線 電 學

編 著 者

倪 尚 達

英國皇家理工大學電機學士 哈佛大學無線電碩士
中國科學社工程學會 英國無線電學會會員
國立中央大學物理系教授

精緻平裝 實價二元六角
外埠購書酌加郵費一角五分

南京鍾山書局出版

總局 城北四牌樓蒸巷巷口
分局 城南太平路三二二號

倪尙達先生最近著作

南京鍾山書局印行

電學入門

倪尙達 王佐清 合編

每冊定價實銀八角外埠酌加郵費

作者深感國內高中以上學生，即讀過普通物理學或普通電學者，對於電學之基本原理及實用智識，尙未能切實瞭解，軍警官佐，社會仕女，知電氣之重要，欲得一書，便于研習者，猶付闕如，因此書之纂全，計有十萬餘言，插圖一百餘幅，習題二百餘則，說理淺顯，力求通俗，實用方面，搜集尤廣，即如有聲電影，年紅廣告，自動電話，以及播音收音機等等，莫不舉例說明，各得其要。

無線電收音入門

倪尙達 王佐清 合著

本書散文，曾于民國十七年六月起，先後在無線電月報發表，頗蒙讀者贊許，流行海內，現由作者詳加增訂，關於各種收音機件之構造，以及收音電路之配合等等，方法最新，成本最廉，復于南京中央大學無線電實驗室，精細試驗，結果可靠，編著成帙，業已付印，不日出版。

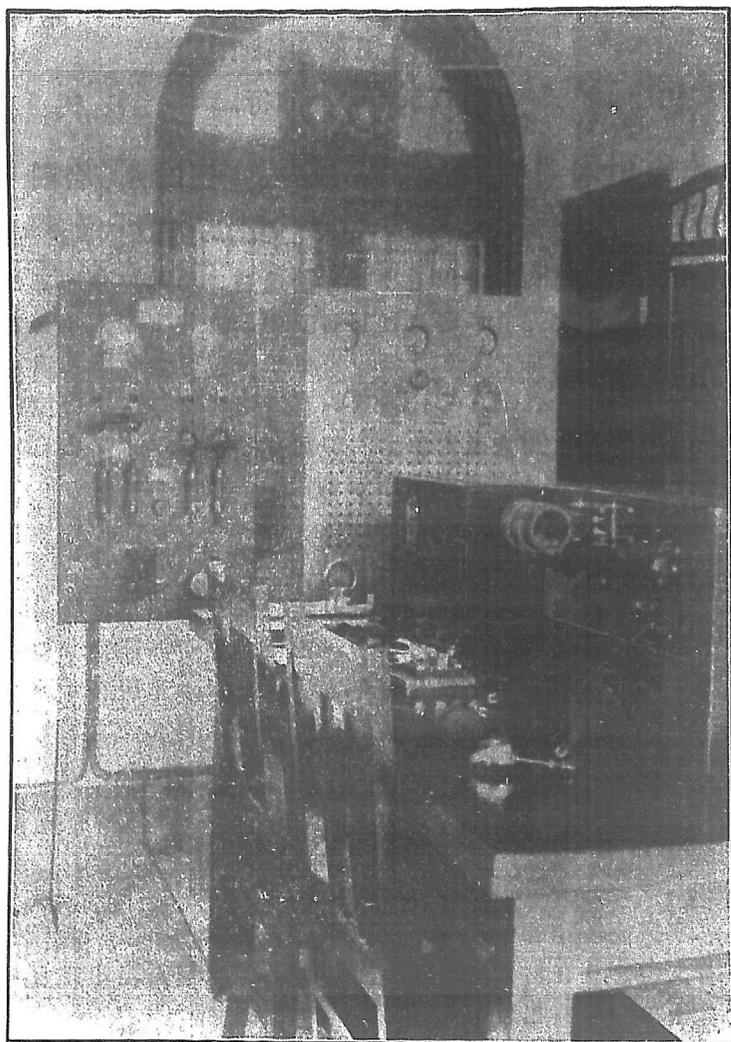
高中物理學



編著者 倪尙達

助編者 葉少農

本書完全依據教育部新訂高中物理課程標準編纂，說理淺顯，行文暢達，且在南京中學試用，隨時修改，以求適合高中程度，準于二十二年夏間出版行世。



中央研究院氣象研究所短波無線電台

#44
262193
三版自序

本書行世，業已三版，每因排印僥促，魯魚亥豕，充備行間，良用歎然。此次付梓之初，即以改正誤字爲第一着，增訂舊稿爲第二着。惟校書如掃落葉，旋掃旋生，且校正之稿，手民亦非必完全改正，故差誤恐仍難免。姑俟書成，再行校讎，附表訂正。二年來，真空管製造精進，五極管與三極雙擊管等等，先後發明，檢波放大，方法亦變，特述凡要，略事增補。電傳形象，竿頭日上，原理雖不甚深，機件則殊爲繁複。第十二章舊稿，過嫌簡略，今夏新著電學入門，已就近年發明，略加詮釋。故本書特將此章刪棄，另以定向無線電代之。蓋自短波盛行，定向傳遞，學理技術，俱極重要也。

舊稿疏漏，辱承學友，惠函指示，拜受之餘，概加訂正，其未詳覈者，更盼續編三版中各種煩瑣事項，多蒙同事王君佐清襄助，書此道謝。

二十一年十二月尙遠識於南京中央大學無線電實驗室

再版自序



是書於去年正月，若卒付印，蒙各方愛讀者踴躍訂購，六月即發。當時擬將原稿再版，以應需要。惟無線電進步極速，今日之新者，他日視之即為舊，新陳代謝，歲異而月有不同。況本書需要既殷，使命更重，故竭一載之暇，將初版舊稿，詳加增訂，凡參考所及，實驗所得，有關無線電學理之發明，藝術之進步者，不別巨細，悉行採入。自第一章至第八章，敘述無線電基本智識，除刪繁就簡，使初學者易得具體觀念外，無大損益。真空管通論及真空管收發報機二章，進步甚多，變易亦夥。無線電話一章，初版本甚簡略，惟鑑於我國無線電播音事業之猛進，乃將舊稿廢棄，完全重寫，如交流收音機，百分調幅法，直線檢波法，以及簡易播音收音機之如何設計，裝配，使用等等，無不論列，以求適合最近趨勢。猶懼空口說理，不佐實物，難得真相，故於易稿時，復向各方搜集無線電儀器照相，擇優採印。蒙上海利達公司，西門子公司，飛利浦洋行及奚世英先生等，一一惠贈，編印之餘，不勝感荷。再版圖表，譯名索引，以及校對等各種繁瑣事項，均蒙中央大學王佐清先生襄助料理，尤深感謝。

十九年五月尚達誌於南京中央大學無線電實驗室

初版自序

是書之纂，始於民國十五年正月，初用於杭州工專甲種電機科，繼用爲上海南洋大學及天津北洋大學普通無線電演講材料，一再用爲上海無線電訓練所教材。今年春，南京交通技術學校成立，尙達謬膺教席，整理舊稿，印爲講義。秋後建委會無線電報務人員養成所開辦，又採爲課本。積三年經驗，深感學者程度不齊，取材不易，若簡於理解，則實用者不能融會，詳於理論，則玄奧而困於致用。藉應有原理，解實用所在，乃編纂此書時之初旨也。本書於直流電路，交流電路，及振盪電路等，依代數，幾何，三角及普通物理等程度爲標準，不避繁瑣，詳爲解釋。數理推證之外，又藉比喻，引起物理觀念，使初學者便於冥想默索。真空管章各種收發報機之基本電路，廣爲搜集，使於實用上有相當認識。石英晶體控制及無線電活動傳形等亦有單簡紹介，使窺無線電最近趨勢。然掛一漏萬，在所難免。海內同志，時加指正，以匡不逮，不特鄙人之幸，亦我國無線電出版界之幸也。是書成，得技校諸教官之輔助者多，尤感殷摩斗王崇植二先生隨時校正，各種圖表蒙中央大學張季言先生精細繪畫，且付印後又承校對，特此誌謝。

十七年十二月尙達誌於南京寓次



目 錄

第一章		概 論	
節數	頁數	節數	頁數
1. 引言	1	6. 無線電之接收	4
2. 有線電報與無線電報之比 較	1	7. 無線電話	5
3. 無線電內容	2	8. 短波與長波無線電台之比 較	6
4. 無線電波及其產生	2	9. 我國無線電事業之將來 ...	7
5. 無線電之發射	3		
第二章		直 流 電 路	
10. 電流與水流	10	23. 電容器之串聯與並聯	27
11. 電量之計算	11	24. 磁鐵	29
12. 歐姆氏定律	12	25. 電磁	31
13. 電壓之發生與保持	13	26. 磁力線之計算	31
14. 電路	14	27. 磁電與林惹定律	32
15. IR 之電位降	16	28. 感應電壓之計算	33
16. 惠斯登橋	17	29. 自感量	34
17. 啓爾可夫氏定律	18	30. 自感量之計算	34
18. 串聯耗阻	20	31. 自感量之比喻	35
19. 並聯耗阻	21	32. 互感量	35
20. 電工率之計算	23	33. 自感量之串聯或並聯	34
21. 電子	25	習題六十一問	39
22. 電容器	28		
第三章		交 流 電 路	
34. 單弦運動	47	35. 單弦運動之公式	48

目 錄

節數	頁數	節數	頁數
30. 週期與週率	48	54. 電工率因數	60
37. 單弦運動之速率	49	55. 耗阻與自感量之並聯電路	67
38. 直擺為單弦運動之解說 ...	50	56. 交流電路內之電容器	68
39. 矢量	51	57. 電容量電路	69
40. 矢量圖表法	51	58. 電容量電路內之電工率 ...	70
41. 矢量之和	51	59. 耗阻與電容量之串聯電路	71
42. 交流電壓之產生	55	60. 耗阻與電容量之並聯電路	72
43. 交流電壓之公式	59	61. 耗阻自感量及電容量之串 聯電路	73
44. 交流電壓之週率	57	62. 串聯諧振	74
45. 電機度	58	63. 耗阻電容量及自感量之並 聯電路	75
46. 相角	58	64. 並聯諧振	76
47. 電壓之平均值	59	65. 互感量電路	77
48. 耗阻電路	60	66. 公式摘要	78
49. 耗阻電路之電工率	61	67. 非正弦式之交流	79
50. 交流及電壓之有效值	62	68. 顫動電流或電壓	80
51. 自感量電路	62	習題六十問	80
52. 自感量電路中之電工率 ...	64		
53. 耗阻與自感量之串聯電路	65		

第 四 章

振 盪 電 路

69. 自由振盪	87	75. 減幅振盪及等幅振盪	92
70. 機械上之自由振盪	88	76. 合路振盪器	94
71. 積於電容器之電能	88	77. 蜂音振盪器	95
72. 自由振盪之電壓與電流 ...	89	78. 強迫振盪	96
73. 積於線圈之磁能	90	習題二十問	97
74. 自由振盪之週期週率及波 長	91		

第五章

無 線 電 路

節數	頁數	節數	頁數
79. 無線電路與交流電路之比 較	99	89. 有效耗阻	108
80. 集膚現象	99	90. 退阻函表	109
81. 線圈上之集膚現象	100	91. 阻抗曲線	109
82. 自感量之公式	101	92. 濾波器	110
甲. 線圈之自感量	101	93. 交連電路	112
乙. 單根導線之自感量	102	94. 磁感交連電路中之耗阻及 自感量	114
83. 線圈間之互感量	103	95. 交連電路之自由振盪	115
84. 電容量之公式	103	96. 機械上之交連振盪	116
85. 電容器種類	104	97. 交連電路之週率	117
86. 電容器損失	105	98. 交連係數與副電路電流之 關係	120
87. 電容器內之串聯或並聯耗 阻	106	99. 間隔	121
88. 線圈損失	107	習題二十五問	122

第六章

無 線 電 波

100. 磁力線與電力線之關係 ...	125	107. 無線電波之性質	133
101. 波之發生	126	108. 天波與地波	135
102. 無線電波	127	109. 短波之特性	135
103. 無線電波之發射	130	110. 海氏層	137
104. 發射電工率	131	111. 衰落	137
105. 無線電波之接收	132	112. 天電	138
106. 無線電場強度之單位	133	習題二十問	138

第七章

天 線

113. 天線之功用	141	115. 各式天線之比較	143
114. 天線之種類	141	116. 地線與地網	145

目 錄

節數	頁數	節數	頁數
117. 船舶與潛水艇天線	145	121. 天線本身波長之應用	150
118. 航空天線	147	122. 短波天線之接法	150
119. 地下天線	148	123. 收報機天線	152
120. 電流及電壓在天線上之分 佈	148	124. 設置天線時應有之注意... 習題十五問	154 165

第八章

125. 引言	157
126. 火花式發報機	157
127. 各機件之功用	159
128. 全機之作用	159
129. 火花線之種類	160
130. 等幅波發報機	163
潘生弧阿氏高週率發電機, 哥氏高週率發電機	162

第九章

137. 沿革	177
138. 類別及應用	177
139. 結構	178
140. 真空管作用原則	178
141. 二極管	179
143. 二極管之特性曲線	179
149. 飽和之解釋	180
144. 二極管用為檢波器	181
145. 整流器	181
146. 三極管	185
147. 三極管之比喻	185

舊式收報發報機

131. 電訊發射法	166
132. 減幅波之接收	168
133. 晶體收報機電路及其使用 方法	170
134. 聽筒構造	171
135. 檢波器	172
136. 送報波之接收	174
習題十五問	176

真空管通論

148. 三極管之特性曲線	180
149. 屏路耗阻與柵路耗阻	188
150. 管內電容器	189
151. 三極管用為檢波器	189
152. 三極管用為放大器	192
153. 失真放大	193
154. 三極管之相當電路	193
155. 放大係數之量法	194
156. 屏路耗阻之量法	195
157. 三極管之互導	196
158. 三極管用為振盪器	197

無 線 電 學

節數	頁數	節數	頁數
159. 米字南電路	199	168. 短波振盪電路	208
160. 哈脫來電路	200	169. 三極管電工率之算法	208
161. 考畢子電路	201	170. 水冷強力管	209
162. 回授回電路	201	171. 三極管復活法	210
163. 屏極諧振電路	202	172. 四極管	211
164. 石英控制振盪器	203	173. 五極管	213
165. 放大電能振盪器	204	174. 交流管	213
166. 推挽式電路	205	習題二十五問	215
167. 磁棒控制振盪器	208		

第十 章

真 空 管 發 報 機 及 接 收 機

175. 三極管發報機	217	191. 外差接收機	231
176. 米字南電路發報機	217	192. 成音週率放大器	231
177. 回授電路發報機	218	193. 粘阻交連之成音放大器 ...	232
178. 哈脫來電路發報機	219	194. 磁感週阻交連之成音放大 器	233
179. 屏極諧振發報機	220	195. 推挽式之成音放大器	233
180. 考畢子電路發報機	222	196. 成音放大器之狂吼及其補 救方法	235
181. 放大電能發報機	222	197. 射電週率放大器	236
182. 電綫之接法	223	198. 粘阻交連之射電週率放大 器	236
183. 阻流圈之製法	224	199. 週阻交連之射電週率放大 器	237
184. 短波發報機	225	200. 變壓器交連之射電週率放 大器	237
185. 五米突發報機	225	201. 補救自生振盪之方法	238
186. 石英控制發報機	227		
197. 穩定規盪	228		
188. 屏電壓之供給	228		
189. 三極管接收機	230		
190. 回授接收機	230		

目 錄

節數	頁數	節數	頁數
202. 平差接收機	239	206. 短波接收機	243
203. 回復接收機	239	207. 自檢音放大機	243
204. 無檢同投法	240	習題三十回	245
205. 無檢外差接收機	241		

第十一章

208. 聲電之互變	248
209. 單箱傳話器	249
210. 雙箱傳話器	251
211. 電容傳話器	252
212. 調幅	253
213. 調幅法	253
214. 天線電路吸收法	253
215. 播電壓變化法	254
216. 屏電壓變化法	254
217. 調幅百分數之量法	257
218. 調幅波之成分	259
219. 單界波發射	260

第十二章

221. 引言	277
222. 反射法之定向發射	278
223. 干擾法之定向發射	281
224. 線圈天線之定向性	281
225. 定向儀	284

第十三章

227. 測定儀器	285
228. 熱絲安培表	285
229. 熱絲交流安培表	286
240. 三極管伏脫表	286

無線電語

220. 錄音器與調制之無線電報	261
221. 波譜收音機	262
222. 傳遞單位	263
223. 電話機平衡器	263
224. 播音機	264
225. 收音機	267
226. 交流收音機	268
227. 強力與直線收音法	270
228. 喇叭	271
229. 唱片接收器	273
230. 收音機音質控制法	274
習題十四回	275

定向無線電

226. 電波來向之測定	284a
226a. 定向之差誤	284b
226c. 無線電指向台	284c
226c. 無線電測向	284c

無線電儀器

241. 測長表	288
242. 振盪波長表	289
243. 天線振盪器	291
244. 收音度表	292

無 線 電 學

節數	頁數	節數	頁數
946. 定向管.....	292	c. 裴林泥法	294
a. 單座穩固法	293	216 無線電指向台	205
b. 替換生法	293	習題十問	206

第 十 四 章

實驗一 晶體檢波器之直 流特性曲線	293
實驗二 波長表之校核 ...	299
實驗三 諧振曲線.....	300
實驗四 交連電路.....	302
實驗五 電容量及自感量 之測驗.....	304
實驗六 電路內之高週率 有效耗阻	305
實驗七 天線常數	307
實驗八 三極管之特性曲 線	308

無 線 電 實 驗

實驗九 三極管 μ 及 R_p 之 交流測驗法	310
實驗十 回授接收機之裝 法	311
實驗十一 短波收報機 ...	313
實驗十二 平衡接收機 ...	313
實驗十三 三極管假變器	314
實驗十四 短波發報機 ...	316
實驗十五 播音機.....	318

三 版 增 訂 目 錄

第 九 章

節數	頁數
140a. 塗鈦燈絲	179
140b. 塗有氟化物之燈絲	179a
167a. 長線控制之假變器.....	207a
167b. 定週率之假變器	207c
173a. 三極雙學管.....	213.1

第 十 三 章

245. 熱絲安培表與熱絲交連安培表之 校核	292
---------------------------------	-----

無線電學

第一章 概論

1. 引言

無線電傳訊之成功迄今不過三十年，三十年中，進步之速，一日千里，功績之偉，罕有與競。初則機件不良，報程不遠，今則遍及全球，通訊可靠。十年來又有無線電話，歐美人士，爲之狂熱。播音台之建築，多如雨後春筍，收音機之普遍，幾於家家購置。凡一切時事變幻，天氣預告，商場情況，時彥演說，以及名角歌曲等等，發音一室，播送千里。近今無線電影，又以試驗成功，如傳音之外，又能傳形。凡世間一切可聞可視之事物，均得借無線電爲之傳播。千里眼順風耳之說，將由無線電爲之完成，偉哉無線電也。茲分述其大概，以開以下各章之門徑。

2. 有線電報與無線電報之比較

凡藉電能以間接傳遞吾人之智慧〔即用電碼「·」「—」或「特」「遠矮」等不同之組織，以代文字〕者曰電報。直接傳送吾人之言語者曰電話。電能之藉導線以傳遞者曰有線電，不藉導線以傳遞者曰無線電。惟有線電報因有線之故，架線千百里，經費浩大，管理複雜，苟有損壞，修理艱難。然傳訊祕密，機件單簡，裝置快機，一分鐘內最少得傳六百字。且有單工，雙工，四工等各種組織。甲局與乙局間同時得互通一報二報或四報以上，故效率極大。無線電報因無線之故，建費低廉，管理簡易，即有損壞，限於一台，未見艱難。且發於一地，聞於全球，公共消息之傳播，可謂盡善盡美。惟傳訊不能同時收發，一分鐘內僅能傳百餘字，故效率不大。近來交通界人士，輒謂無線電報之發達，足以摧殘已有之有線電報。業經注冊，專利，法律，保護，權利，均得。用而代之。要知有線電報與無線電報各有利弊，相行不

悖，且須彼此聯絡，以增進吾人智慧傳遞之利便，彼持前議者一知半解，妄論長短，皆智慧傳遞界之罪人也。

3. 無線電內容

既曰無線電與電關係密切，可無疑義，故凡電學上及電機工程上，學理應用，均須有相當智識，否則扣盤捫燭，難得真相。至所謂相當智識者，可分下列四門：——

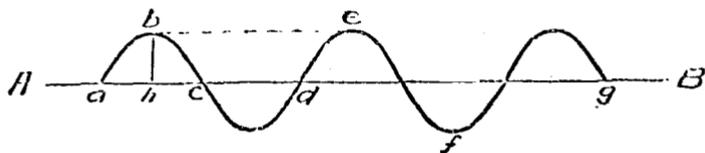
- (1) 直流及交流電路之大意
- (2) 直流及交流電機之大意
- (3) 高週率電流（每秒內電流來往更迭之次數曰週率）及電容器放電之現象
- (4) 電流在導線上或真空管內通行之現象

就無線電本身言，亦得分三大綱如次：——

- (1) 無線電波（Radio Wave）及其產生
- (2) 無線電之發射（Radio Transmission）
- (3) 無線電之接收（Radio Reception）

4. 無線電波及其產生

以竹桿上下運動於池湖之中心，水面起伏，遂成波浪。因波浪之前進，竹桿動能，傳及池岸，如第一圖，AB 直線表水面平靜時之狀態，ac 曲線表水浪發生後之狀態；be 二點，為水浪相鄰最高之處，凡水浪相鄰最高處間之距離曰波長（Wave Length）（即



之長)。abcd 之一起一伏曰週 (Cycle)。每秒內所有之週數曰週率，bb 之高度曰幅，ad 與 bc 之長相等，故以週率乘波長後，即為水浪每秒內前進之速率，專稱曰波速，得用公式表之如下：—

$$\text{波速} = \text{波長} \times \text{週率} \dots\dots\dots (1)$$

電流在導線上為往返極速之流動，「以太」內即生無線電波，與水波相似，因無線電波之前進，將電子流動之電能，傳於遠方，「以太」存在，漫佈宇宙，不論物質之類別，物體之內外，均有「以太」，故無線電波之進行，不受任何物之阻止。（良導體平面則否）惟無線電波，非吾人五覺所能鑑察，故不若水浪之易於領悟，然自無線電波發生之現象，均得試驗推演，波長，週率及波速等等均有公式計算，且由物理家之證明，無線電波速與日光為同速者也。

無線電流之週率甚高，故產生此電流者，非尋常直流或交流發電機可比，大別之約有下列三種：—

1. 由直流或低週率交流電能而變成無線電能者，例如火花式無線電報機 (Spark-gap Transmitter) 及週率變換機 (Frequency Changer) 等。

2. 由直流而變成無線電能者，例如潘生弧 (Poulsen Arc) 及真空管發報機 (Vacuum Tube Transmitter) 等。

3. 形如交流發電機而特別設計製造者，例如阿氏高週率發電機 (Alexanderson's High Frequency Alternator)。

三種之中，尤以第二種之真空管發報機為最通用，（向用直流以供給電能者今漸以交流代之）且其效率高，運用便而建費低廉，其餘各機漸為淘汰。

5. 無線電之發射

由無線電流而成無線電波時，以電能傳諸空間者曰天線，故以無線電發射之順序言，先由無線電發電機所生之高週率電流

傳於天線，繼由天線射於空間，藉「以太」為媒質而及於遠地。運用無線電發電機者，使無線電之發生，照電碼之配合，或有或無，或多或少，於是無線電波，多少繼續，向外發射。發射時又因無線電波之不同而異其發射之名：一曰等幅波發射 (C. W. Transmission) 即無線電波幅相等之謂，凡真空管發報機所發出者屬之。二曰減幅波發射 (D. mped Wave Transmission) 即無線電波幅逐漸減縮之謂，凡火花式無線電報機所發出者屬之。前者報程遠，接收易，已刊入法典，自一九三〇年起，為無線電通訊上所必用。

6. 無線電之接收

無線電之接收，亦以天線為門戶，天線與外來之無線電波相感應而生無線電流，此電流傳於接收機 (Receiver) 電路經檢波器 (Detector) 之作用，於聽筒內即聞電訊之聲，如外來者為廣播台之音樂，則聽筒內所聞者為音樂；為電報，則聽筒內所聞者為「特」或「達矮」之聲。「特」及「達矮」之種種組合，代表字母，以其代表者錄出，即成無線電報。

檢波器有二種，一曰晶體檢波器 (Crystal Detector) 二曰真空管檢波器 (Vacuum Tube Detector)。前者僅能接收減幅波電訊或無線電話；後者不論電波之為減幅或等幅，接收時均無困難，且機件靈敏，工作可靠，現時接收機鮮有不用真空管者。

由天線接得之無線電流，往往為值細微，經檢波器作用後，於聽筒內成音不辨，無從紀錄。故接收機中，又有放大器之裝置，以補外來電能之不足。放大器亦有二種：將成音週率之電流放大者曰成音週率放大器，將無線電流先行放大，而後經檢波器及聽筒等接收者，曰射電週率放大器。所謂成音週率者，與人耳能聞聲音之振動次數相等，每秒內自30而至5000。射電週率恆在一兆左右，成音週率恆大十百千倍。

無線電台日多，空中無線電波，愈爲複雜，不有約束，無以維秩序而利此台與彼台之區別，故無線電律尙焉。運用無線電機者，不問國際間無線電律，不特不能收發，且又禁止收發。最新國際無線電律，爲一九二七年華盛頓無線電會議所訂定。『由建委會無線電管理處』譯成中文。我國人士之有志無線電收發者，不可不人手一冊。至電台本身亦須有一定波長（或週率）及呼號等，以便與其他各台通報。接收機波長範圍，應包刮各電台波長，以利接收。運用接收機，以期接收一定電台之電報時曰配諧（Tuning）；聽筒內明欲得之電訊最大時曰諧振（Resonance）；得諧振後，將接收機稍爲調節，而卽失諧振者曰銳配諧（Sharp Tuning）。接收各電台波長不同之電訊，均能得銳配諧而不受騷擾（Interference）者，則曰此接收機之選擇性（Selectivity）優良，接收細弱電訊，而於聽筒內仍有相當之成音度（Audibility）者，則曰先接收機之靈敏度（Sensitivity）極高，接收播音台之音調，於聽筒或喇叭內成音正確者則曰此接收機之傳真度（Fidelity）極大。總之，當此無線電事業發達，宇宙間無線電波瀾漫充滿之時，若接收機而無優良之選擇性，相當之成音度，極高之靈敏度及極大之傳真度者，卽不能盡接收之能事。故購置或製造接收機者，上述四點，應特別注意之。

7. 無線電話

凡用過電話機者，當知吾人聲音，可藉電流在導線上之通行，傳於遠方，聞於接話者之耳。故曰在電話機內，聲音得變成電流，電流又可變爲聲音。電流在導線上流動迅速，行程遠遠，因聲電互變之可能，聲音之僅可及數百呎者，得傳於數十里之外。無線電話內聲電互變之理，與有線電話相似，特前者因無線之故，機件繁多，方法不易。

傳遞聲音之電流爲音流，其週率與聲音之振動數相同，每秒

內平均在一千次左右(即成音週率),此種音流,不能成無線電波而發射空間,必須借導線為傳導,故欲其於空間隨便放射,非以之寄存於無線電電流上不可,是猶木塞固不克自動而抵遠地,倘投於江水之源,木塞必可藉江水之流而東下入海,電話機上有必要之機件二種:一曰聽筒,二曰傳話器,傳話器司聲音變成電流之作用,聽筒司還元作用,無線電話機大別之亦有二種機器:一曰播音機,能發生無線電流之外,又能以聲音變成之電流,寄存於無線電電流之上,故其構造,與前述之發報機相同,特多增傳話器電路而已,二曰收音機,能收受電波,並將其寄存之聲音還元,其構造作用等均與前述之接收機無絲毫之別,故俗稱接收機之接收電報者曰收報機,接收電話或音樂者曰收音機,實則能收音者必能收報,能收報者亦必能收音。

8. 短波與長波無線電台之比較

短波無線電,為無線電界,近年來之新成績,所用電能既可銳減,通訊距離,反見激增,居常家用一電燈所耗之電能,足使上海與北京間通報而有餘,茲述其與長波無線電之比較,藉證其成功之偉大。

凡無線電台波長,在六百米突以上者,統稱之曰長波無線電台,如南京北極閣無線電台及其他吳淞烟台等處舊建之電台是,波長在一百米突以下者,統稱之曰短波無線電台,如南京軍政部第一短波無線電台及其他漢口,上海等處新建之電台是,後者於效率上,經濟上,運用上,較勝於前者遠甚,茲分別比較之如下表:

通報距離約為三千里

式別	波長	電工率	電工率比較	電台估價		每月經常費	經常費比較
				電台估價	電台估價比較		
火花式 長波電台	六百至三 千米突	十基羅 瓦特	40	八萬四千元	21	1600元	2
真空管式 長波電台	同上	五基羅 瓦特	20	五萬二千元	13	1600元	2
真空管式 短波電台	三十至五 十米突	二百五 十瓦特	1	四千元	1	800元	1

上表中各種數值，以我國已有長波無線電台之平均數，及國內無線電製造廠所建之短波無線電台為標準，觀於電工率比較，電台估價比較及經常費比較三項，可知長波無線電台須以四十倍或二十倍之電工率，二十一倍或十三倍之建築費及二倍之經常費，方可與短波無線電台於等距離內通報。短波電台效率之大，經費之省，已足駭人聽聞。且電工率小則構件簡單，運用方便，偶有損壞，修理立待，不致有誤報務。需費低廉，則興建不難，推廣甚易。以交通事業素稱幼稚之我國，每因經濟困難，建設無從着手。今短波無線電台於經濟上既如是優異，充分利用，有識者當共計共助之。但短波通訊，時因月季氣候之變遷，報務為之妨害。故紐約與倫敦間，商用無線電話，除裝置短波外，又有三千米突之長波構件，為短波失效時之預防，可知長波無線電亦有其相當地位。

9. 我國無線電事業之將來

科學浩漫，靡有止境。無線電事業前途之發展，正方興未艾。應用之推廣，亦視其進步為轉移。我國百事待舉，無線電之如何建設，應急起而直追。曾聞電報工程家之言曰：我國文字複雜，用號碼代文字，展轉翻譯，廢時廢力，遠不及西人用電碼直接代字母之便，非積極改良不可。改良中呼聲最高者則為電碼代註音字母，自音得

字，免除翻譯。然國語不統一，註音不普及，在在隔閡，未見試行。但無線電照，由實驗而成爲商用，建設之廣，爲期不遠。如以我國複雜之文字，藉無線電照發射之，可省去一切麻煩。有線電照，傳遞電報之法，早經法人發明，而製爲商用。我國北平奉天間，已於去年裝設，滬甯亦於今年完成。若成績優良，各地電報局，當捐棄舊法而採用之。

無線電最初應用而且用之最廣者，爲航海之船舶。蓋天文之預告，新聞之傳遞，旅客之通訊，方向之測定，以及蹈險之呼救等等，藉無線電爲發射，一切均無困難。故東西洋各國之航政，以裝設無線電機，列爲專條，強迫執行。我國航海權操諸外人，實無航政可言。卽殘缺不全之軍艦，所裝無線電機，均爲十年或數十年前之舊件，不合時宜，無庸諱飾。故我國無線電事業，急宜於航海上改良振興之。航空與航海相似，各國商用航空，二三年來進行竭力。無線電之用於航空者，大有不亞於航海之勢。我國軍用航空已有十餘年之歷史，經航空署諸公之努力，進步不可謂遲緩。但航空飛機未聞有裝置無線電機者。故我國無線電事業，可於航空上提倡之。長途乘車，旅客疲乏，設收音機，接收廣播音樂，使之解悶。裝無線電報機，以便旅客之臨時通訊。故我國無線電事業，亦可於陸地交通上推廣之。教育幼稚，燕粵異語，爲我國進步上，最大障礙。倘建築廣播台，以廣播國民應有之智識，使一般不受教育之男女老幼，藉收音機爲讀書之機會。如是教育普及不難，言語統一較易。故我國無線電事業，應於普通教育上利用之。不同週率之電流在一線上通行，性似油水，永不相混。故爲利用已有之電報、電話及電力線計，有有線射電（Wired Radio）之發明。卽無線電，亦藉導線以傳導，以增加電報報數及電話用戶之謂。我國電報電話（長途者）事業，恆因經濟困難，不能多架導線，使之充分發展。倘能採用有線射電，則導線不增加而能收發展之功效。故我國無線電事業，應予有線電以相當之

補助。

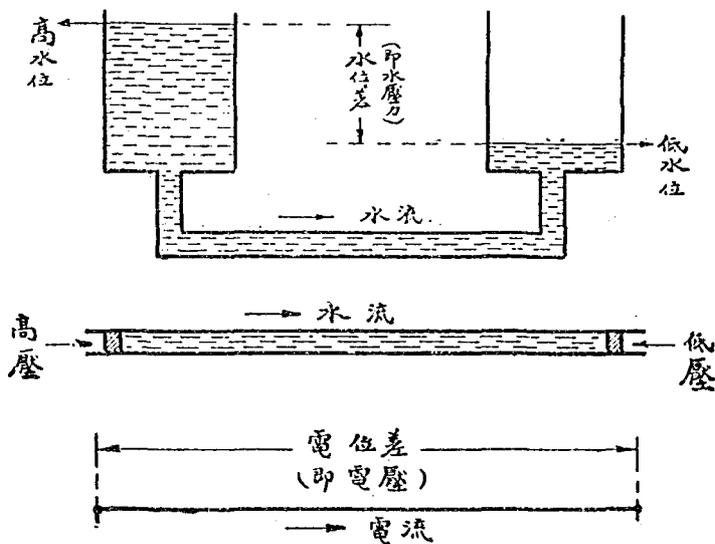
有口不能言，人生最痛苦，立國於大地之上，國際間無相當通訊機關，以宣傳國內真情，探問各國消息，與人之有口不能言，有奚異哉！所謂海底電線及國際無線電台等之在我國者，非在列強之掌握，即為列強所建設。我國人之處主人翁地位者，欲向國外通報，受索重價之餘，又須聽其操縱。重要者不發，不重要者延遲，黑白顛倒者有之，以一誇十者亦有之。淆亂國際聽聞，使我國更無國際地位。讀十年來外交史，誰不為之痛心哉！故曰建設國際無線電台，實我國無線電事業之最切最要者也。至邊陲僻壤，無無線電報之設備者，亦應多建無線電台，以便與本部各省通消息，而減少強鄰覬覦之野心。其他如遠距離訊號之控制，遠距離機器之運用及高週率電煉爐（High Frequency Electrical Furnace）等，均得應用無線電而日趨利便。總之，試端一開，用者繼起，現時之不能利用無線電者，安知他日之不能利用。今日之已能利用無線電，而未見完善者，我知其他日之必可完善。美國電工專家司且麥子（Steinmetz）有言曰，「三十年內我人作工必可由每日八小時而減至四小時。斯時電工率之輸送，火車或汽車之行動，均得以無線電為原動力」，然則無線電前途之光明，實有不可思議之神秘焉。

第二章 直流電路

10. 電流與水流

電流現象與水之流動，頗相類似，所不同者，水有形有體，其流動之現象為我人所習見，故原理亦易於了解，電無形體之表顯，故其原理似乎玄奧難明，其實電流與水流之法則及原理，莫不互相符合，明乎水即可證乎電，故初學者，研究電流之現象，只須援引水之流動以為比喻，則電流之法則及原理自易於冥求默相，毫無隔膜，第二圖即表示水流與電流相似之點。

江水東流，則因西方之水，高於東方之水，兩方間有水壓力，此水壓力即為江水東流之原動力，城市中之自來水，則因水塔中之水較高於用戶取水處之水，亦有水壓力，此水壓力即為水在自來



第二圖

水管內流動之原動力，電之能在電綫上自 A 端流至 B 端，亦因 A 點上電位與 B 點上電位高度不同，遂使 A 點與 B 點間有電壓力之存在，此電壓力即為電在電綫上流動之原動力，電壓力或簡稱電壓 (E. M. F.) 或稱電位差 (P. D.) 通常以 E 字表之，其單位為伏脫 (Volt)，縮寫為 V。

水流有遲速，每單位時間內所流過之水量，稱曰水速，例如一水管於一小時內，通過 3600 加倫 (Gallon) 之水，其水速即為每秒鐘一加倫，電流亦有多少，每單位時間內所流過之電量，稱曰電流 (Current)。例如某導體於 2 分鐘內通過 240 庫倫 (Coulomb) 之電量，導體上電流即為每秒鐘 2 庫倫，或稱此導體上電流為 2 安培 (Ampère)，其意相同，蓋安培為電流之單位，其縮寫為 a. 一安培即每秒內流行之電量一庫倫，2 安培即每秒鐘內流行之電量 2 庫倫，I 安培者即每秒鐘內流行之電量為 I 庫倫。

水流之遲速，固須視水壓力之大小而異，其理甚顯，電流之多少，亦視電壓之大小而異，電壓大則電流多，電壓小則電流少，換言之，電流依電壓而正變，以算式表示之則為 $I \propto E$ 。

水流之遲速，又須視水道對於水流之抵抗力而異，江流速於河流，因江身寬廣，抵抗力弱，河身淺狹，抵抗力強，導線對於電流亦具有一種阻力，以抵抗其流動，例如電流通過銅線易於通過鐵線，因銅線抵抗電流之阻力小於鐵絲，此種抵抗電流之阻力專稱曰耗阻 (Resistance)，通常以 R 表之，由上所述，可作一結論曰，電流必依耗阻為倒變，以算式表之則為 $I \propto 1/R$ ，耗阻之單位為歐姆 (Ohm)，縮算為 Ω ，蓋由大科學家歐氏 (Ohm) 所規定者也。

11. 電量之計算

電量與電流之關係，請上邊電流之解釋，已甚明顯，蓋電流既為每單位時間（即每秒鐘）內所通過之電量，則電量必為電流

與時間之相乘積，將某導體於 t 秒鐘內通過 1 安培之電流則在此時間內所通過之電量為

$$Q = It \dots\dots\dots (\text{庫倫}) \dots\dots\dots (2)$$

例題 1. 今有 5 安培之電流，通過某導線，問二點鐘後，此導線上共有通過之電量若干？

(解) $Q = It = 5 \times 2 \times 3600 = 36000$ 庫倫

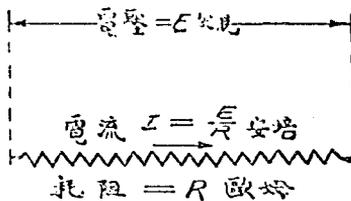
例題 2. 某導體於 3 分鐘內，共通過 90 庫倫之電量，求此導體上之電流。

(解) $\because Q = It \therefore I = \frac{Q}{t} = \frac{90}{3 \times 60} = \frac{1}{2}$ 安培

這此
多麼

12. 歐姆氏定律

第 10 節已述及電流依電壓正變，而依耗阻倒變之理。此二種關係，可同時以 $I \propto \frac{E}{R}$ 一算式表之，愈為簡明。歐姆氏 (Ohm) 首先發明此三種數量間之關係，且將耗阻單位，巧為配合規定後，作簡明之定律，使學者便於應用。此定律通稱為歐姆氏定律 (Ohm's Law)。其言曰：若一導體之耗阻為 R 歐姆，其兩端所受之電壓為 E



第 三 圖

伏脫，則其所通過之電流 (I 安培) 必等於以耗阻 (R) 除電壓 (E) 之商數。用算式表之為：

$$I = \frac{E}{R} \text{ 或 安培} = \frac{\text{伏脫}}{\text{歐姆}} \dots\dots\dots (3)$$

第三圖即表示電路之聯接。

例題 1. 我們所用之電燈,其燈絲兩端所受之電壓為 200 伏脫,燈絲之耗阻為 500 歐姆,問通過此燈絲之電流為若干?

(解) $\therefore I = \frac{E}{R} = \frac{200}{500} = \frac{2}{5} = 0.4$ 安培

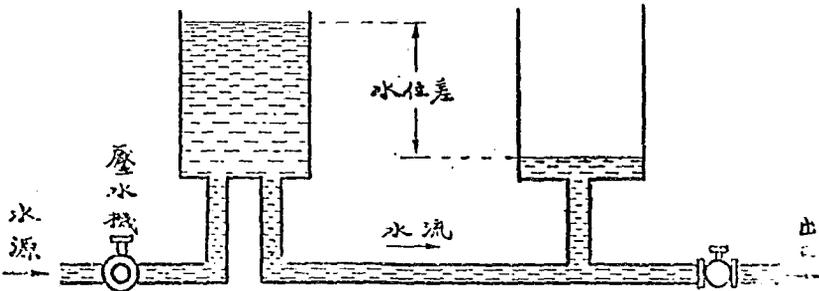
例題 2. 一 0.5 歐姆耗阻之導線,其兩端接於一乾電池之兩極,用電流表測得此導線上電流為 2.4 安培,求電池兩極間之電位差。

(解) $\therefore I = \frac{E}{R} \therefore E = IR = 2.4 \times 0.5 = 1.2$ 伏脫

例題 3. 一電燈接於 180 伏脫之電壓線上,其燈絲之耗阻為 600 歐姆,問此燈於一小時內通過電量若干?

(解) $\therefore I = \frac{E}{R} = \frac{180}{600} = 0.3$ 安培
 $\therefore Q = It = 0.3 \times 3600 = 1080$ 庫倫

此係先求
 出電流後
 再求電
 量
 一用公式計算



水位差保持不變則水流等速等量

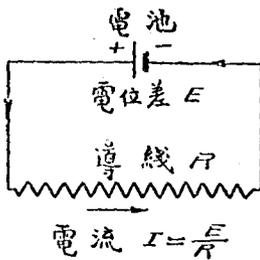
第 四 圖

13. 電壓之發生與保持

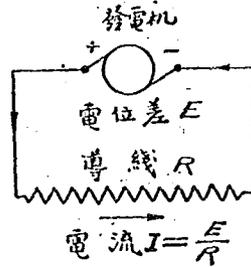
水之所以能在水管內流通,因水管兩端,水位高度之差維持此水位差,而使水永久作等量之流通者,通常用壓水機,其情形如第四圖。

導線上電流之原動力,亦為導線兩端間之電位差(或電壓),

其數量，必須保持不變而後電流方能繼續不息。若電壓之數量時有增減，同時電流亦必隨之而增減。故吾人欲電流不變，則對於導體兩端間之電壓，必須使其數量常保持不變。發生此等電壓者，通常以電池或發電機任其工作，其情形，如第五圖及第六圖。因其流向不變，為值一定，故曰直流（D. C. Current）其電壓曰直流電壓（D. C. Voltage）。至電壓之產生於電池則由內部的化學作用，於發



第五圖



第六圖

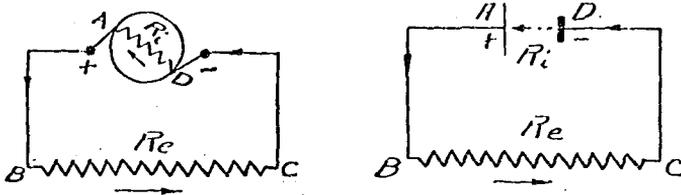
電機則由內部的磁感作用，詳細原理，限於篇幅從略。

電位差恆有二極，其電位較高之極，曰正極（+），電位較低之極曰負極（-）。導線上電流流向，恆自正極之端，流向負極。

14. 電路

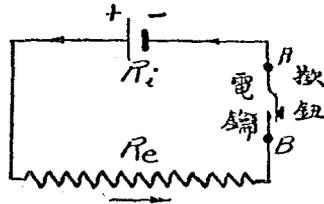
凡電流所通過之導線或導體，通稱曰電路（Circuit）。電池或發電機內部兩極間亦為導體，稱曰內路（Internal Circuit）。其接於兩極間外部之導線或導體，稱曰外路（External Circuit）。內路之耗阻稱曰內路耗阻（Internal Resistance），通常以 R_i 表之。外路之耗阻稱曰外路耗阻（External Resistance），通常以 R_e 表之。凡通過電流之電路必為若干導線與導體，連續銜接而成，循環無間，周而復始，是曰合路（Closed Circuit），如第七圖 ABCDA。圖中電流自正極 A 點流出，過外路 BC，入於負極 D，復自負極 D 通過內路 DA 而回至 A

點，周而復始。



第 七 圖

若電路於任何一處中斷，則電流立即停止，稱曰開路（Open Circuit）。我人裝置電路時，須先注意此電路有時欲其合，以通電流，有時欲其開，以斷電流，故電路之開合，極宜便捷，電鑰之功用，即為開合電路時，得以便捷從事之利器，其式樣雖有不同，然其構造，不



第 八 圖

外乎為二片可以隨意離合之導體，而以揷鈕司其離合之動作，如第八圖，加力於揷鈕，使揷鈕向有力推動時，二片導體相接觸而電路合，加於揷鈕之力除去，則因導體本身之彈性，或因其他附裝彈簧之作用，使二片導體分離，而電路開，運用便捷，至為明顯，故吾人裝置電路時，必須接一電鑰於其間，俟全部電路經過審察無訛以後，方能進行合路之動作，以免意外之危險，於無線電發報機上，電鑰尤為必要機件。

由歐姆氏定律，若電壓為常數則電流之強弱與電路之耗阻為倒變，過小之耗阻，必生甚強之電流，當甚強電流通過電池或發

電機之內部時，往往使內部組織，立即燬壞，凡接於某電壓間，耗阻過小之導線，稱曰短路 (Short Circuit)。短路危險，必須慎防。

15. IR 之電位降

歐姆氏定律，示我以任何一電路內，電流、電壓及耗阻間之相互關係，若已知任何二數量，則第三數量即可計算，其式如下：

$$I = \frac{E}{R} \quad R = \frac{E}{I} \quad E = IR$$

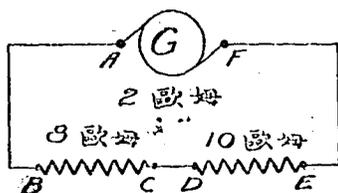
此同律異用之三式，可用以解合路全路之問題，亦可用以解合路中任何一段之問題。對於全路言， I, E, R ，必須為全路的數量，對於一段言， I, E, R ，必須為該段的數量，學者務須認清。

例題 如第九圖，發電機 G 能發生 150 伏脫之電壓，內部耗阻為 2 歐姆， BC 及 DE 二耗阻，連續的接至 G 之兩極，求電流。

(解) 150 伏脫為全路之電壓，全路之耗阻為：

$$R = 2 + 8 + 10 = 20 \text{ 歐姆}$$

$$\therefore I = \frac{E}{R} = \frac{150}{20} = 7.5 \text{ 安培}$$



第 九 圖

若進而求電路內各段所受之電壓，則得

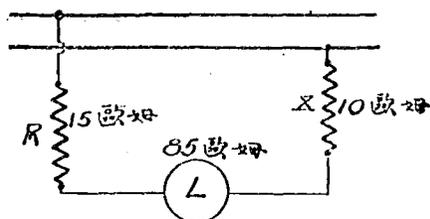
$$E_{BC} = IR_{BC} = 7.5 \times 8 = 60 \text{ 伏脫}$$

$$E_{DE} = IR_{DE} = 7.5 \times 10 = 75 \text{ 伏脫}$$

$$E_{FA} = IR_{FA} = 7.5 \times 2 = 15 \text{ 伏脫} \quad \text{其和仍為 150 伏脫}$$

由此可知全路電壓，因使 7.5 安培之電流通過各段耗阻，故逐漸

降落。於通過 BC 時，降落 60 伏脫；通過 DE 時，降落 75 伏脫；通過發電機內部時，降落 15 伏脫。凡某電壓，因使某電流通過某耗阻而降



第 十 圖

落之伏脫數，稱曰 IR 之電位降 (IR Drop)，因電流為 I ，耗阻為 R ，其降落之伏脫數等於 IR 之相乘積也。

例題 第十圖中三耗阻 R, L, X ，連續相接，通過之電流為 2 安培，求 R, L, X 各段之電位降。

(解) $IR_R = 2 \times 15 = 30$ 伏脫

$IR_L = 2 \times 85 = 170$ 伏脫

$IR_X = 2 \times 10 = 20$ 伏脫

16. 惠斯登橋 (Wheatstone's Bridge)

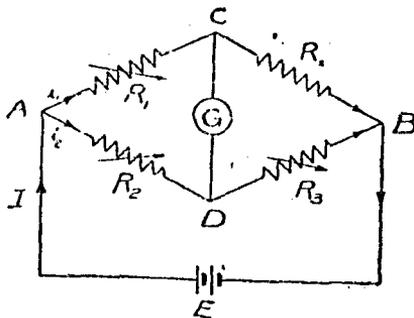
惠斯登橋為電學測驗中，應用最廣之儀器。如欲量某導線之耗阻為若干時，用惠斯登橋測量之，最為準確。其裝置如第十一圖中， R_1, R_2 及 R_3 為變量耗阻 (Variable Resistance)。附有矢標，即表示其可變之意。其值大小，均為已經測定之數。 R_x 為未知之耗阻，而須測驗者。 G 為極靈敏之測電表，能測 CD 間極小電位差之存在。 E 為電池之電壓。 I 為電流。當測驗時，先將 R_1, R_2 及 R_3 變換配合，至 G 內無電流通過而止。如是 CD 間無電位差， AC 與 AD 間之電位差相等， CB 與 DB 間之電位差亦相等。或

$$i_1 R_1 = i_2 R_2 \dots\dots\dots (1)$$

$$i_1 R_x = i_2 R_3 \dots\dots\dots (2)$$

以 (1) 除 (2) 得 $\frac{R_x}{R_1} = \frac{R_3}{R_2}$

$$\therefore R_x = \frac{R_1 R_3}{R_2} \dots\dots\dots (4)$$

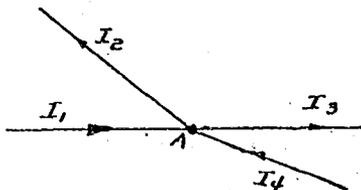


第 十 一 圖

17. 啓爾可夫氏定律

關於各種電路之電流、電壓及耗阻，雖皆可根據歐姆定律以計算。然遇較為繁複之電路，往往有不知從何着手之困難。故啓爾可夫添列二式，為我人解較繁複電路時之輔助，稱曰啓爾可夫氏定律 (Kirchhoff's Law)。

第一定律 在電路中任何一點，假定流向此點之電流為正，



第 十 二 圖

離去此點之電流為負，則所有流向此點與離開此點諸電流之代數和 (Algebraic Sum) 必等於零。以算式表之，為

$$\sum I = 0 \dots\dots\dots (5)$$

如第十二圖，電流既不積貯在 A，則流向 A 點之電流，必盡數離開此 A 點而去，即流向 A 點電流之和 ($I_1 + I_4$)，必等於離開 A 點電流之和 ($I_2 + I_3$)，亦即

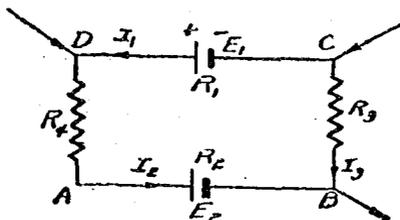
$$I_1 + I_4 = I_2 + I_3$$

或 $I_1 - I_2 - I_3 + I_4 = 0$

$\therefore \sum I = 0$

第二定律 在任何一合路內，假定某電壓與同方向之電流皆為正，而相反方向之電壓及電流皆為負，則各電壓之代數和，必等於各段 IR 電位降之代數和，以算式代表之為

$$\sum E = \sum IR \dots\dots\dots (6)$$



第 十 三 圖

如第十三圖 ABCDA 之合路內，若假定 E_1 之方向為正，則 I_1 與 I_2 皆為正而 E_2 與 I_3 皆為負

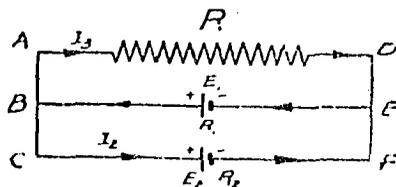
$$\therefore \sum E = E_1 - E_2$$

自 (6) $\sum IR = I_1 R_1 + I_2 R_3 + I_3 R_2 - I_4 R_4$

得 $E_1 - E_2 = I_1 R_1 + I_2 R_3 + I_3 R_2 - I_4 R_4$

例題 第十四圖內， $E_1 = 2$ 伏脫，其內耗阻 $R = .5$ 歐姆， $E_2 = 1.4$ 伏脫其內耗阻 $R_1 = .8$ 歐姆， $R = 1.7$ 歐姆，求通過 E_1 及 R 之電流。

(解) 因 $E_1 > E_2$ ，故假定電流方向如圖中矢線所示。(若計算



第十四圖

之結果有負數時，則此負號電流之實在方向，與假定者相反，因題內有未知數三，故須列三方程式以解之。

引用公式(5)於B點 $I_1 - I_2 - I_3 = 0$

$$\text{即 } I_1 = I_2 + I_3 \dots\dots\dots(1)$$

引用公式(6)於ADEBA之合路, $E_1 = I_1 R_1 + I_3 R$

$$\text{即 } 2 = .5 I_1 + 1.7 I_3 \dots\dots\dots(2)$$

引用公式(6)於ADFC A之合路, $E_2 = I_3 R - I_2 R_2$

$$\text{即 } 1.4 = -.8 I_2 + 1.7 I_3 \dots\dots\dots(3)$$

以(1)代入(2) $.5 I_2 + 2.2 I_3 = 2 \dots\dots\dots(4)$

$$(4) \times 8 \quad 4 I_2 + 17.6 I_3 = 16 \dots\dots\dots(5)$$

$$(3) \times 5 \quad 4 I_2 - 8.5 I_3 = -7 \dots\dots\dots(6)$$

$$(5) (6) \text{ 相減} \quad 26.1 I_3 = 23 \quad \therefore I_3 = \frac{230}{261} = .88 \text{ 安培}$$

$$\therefore I_2 = .12 \text{ 安培}$$

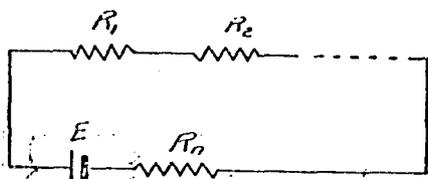
$$I_1 = 1.00 \text{ 安培}$$

18. 串聯耗阻

以若干耗阻串聯相接如第十五圖，則 AB 間之總耗阻 R_0 等於各分段耗阻之和。

$$\text{即 } R_0 = R_1 + R_2 + \dots\dots\dots + R \dots\dots\dots(7)$$

(證) 引用啓爾可夫氏第二律, 公式(5) $E = IR_1 + \dots + IR_n$



第 十 五 圖

$$\therefore E = I (R_1 + R_2 + \dots + R_n)$$

$$\therefore \frac{E}{I} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

$$\text{因 } \frac{E}{I} = R_0$$

$$\therefore R_0 = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

若
則

$$R_1 = R_2 = \dots = R_n = R$$

$$R_0 = nR \dots \dots \dots (8)$$

是即 n 相等耗阻,串聯相接,則其總耗阻為其中一耗阻之 n 倍也。

19. 並聯耗阻

以若干耗阻,並聯相接如第十六圖,則 AB 間總耗阻之倒數等於各分段耗阻倒數之和。

$$\text{即 } \frac{I}{R_0} = \frac{I}{R_1} + \frac{I}{R_2} + \dots + \frac{I}{R_n} \dots \dots \dots (9)$$

(證) 引用公式(5), $I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$

$$\therefore \frac{E}{R_0} = \frac{E}{R_1} + \frac{E}{R_2} + \dots + \frac{E}{R_n}$$

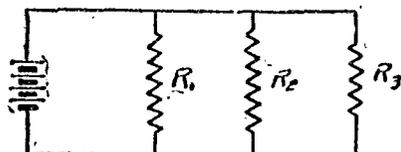
$$\therefore \frac{I}{R_0} = \frac{I}{R_1} + \frac{I}{R_2} + \dots + \frac{I}{R_n}$$

$$\text{若 } R_1 = R_2 = \dots = R_n = R$$

$$\text{則 } \frac{I}{R_0} = \frac{n}{R}$$

$$\text{即 } R_0 = \frac{R}{n} \dots \dots \dots (10)$$

是即 n 相等耗阻，並聯相接，則其總耗阻為其中一耗阻之 n 分之一。



第 十 六 圖

例題 1 第十七圖內惠斯登橋 AEGD 為五段耗阻聯成，設 $AO = 2$, $AD = 4$, $CD = 8$, $CB = 5$, $DB = 3$ 歐姆，求 AD 間之總耗阻。

(解)

$$CBD = 5 + 3 = 8$$

$$\frac{1}{CBD} + \frac{1}{CD} = \frac{1}{8} + \frac{1}{8} = \frac{1}{4}$$

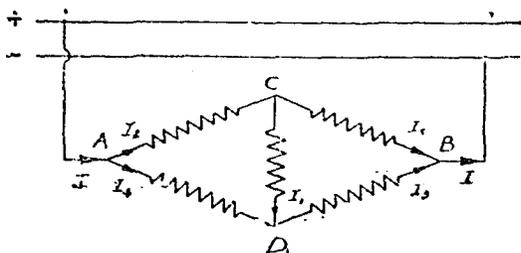
是即 CD 間之總耗阻為 4，加上 AC 則

$$ACD = 2 + 4 = 6$$

令 AD 間之總耗阻為 R 則

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{ACD} + \frac{1}{AD} = \frac{1}{6} + \frac{1}{4} = \frac{5}{12}$$

$$\therefore R = \frac{12}{5} = 2.4 \text{ 歐姆}$$



第 十 七 圖

例題 2 如前題,求 AB 間之總耗阻。

(解) 就本編範圍,此題解法,無捷徑可循,故須假定一電壓 E 而求其總電流 I 則總耗阻 R_0 即可由 $R_0 = \frac{E}{I}$ 以計算之。

今假定 $E = 10$ 伏脫,各電流之方向如圖所示,因現有未知數六個,故須列六個不同方程式以求之。

引用啓爾可夫氏第一律得 $I = I_2 + I_1$ (1)

$$I_2 = I_1 + I_5 \quad (2)$$

$$I = I_3 + I_5 \quad (3)$$

引用啓爾可夫氏第二律得 $2I_2 + 5I_5 = 10$ (4)

$$3I_3 + 4I_1 = 10 \quad (5)$$

$$2I_2 + 8I_1 - 4I_5 = 0 \quad (6)$$

由 (2), (6) 取消 I_2 , $5I_2 - 2I_1 - 4I_5 = 0$ (7)

由 (3), (5) 取消 I_3 , $3I + 4I_1 - 3I_5 = 10$ (8)

由 (7), (8) 取消 I_5 , $3I + 10I_1 - 11I_5 = 10$ (9)

由 (1), (8) 取消 I_1 , $7I - 4I_2 - 3I_5 = 10$ (10)

由 (4), (9), 取消 I_2 , $3I - 36I_5 = -40$ (11)

由 (4), (10) 取消 I_2 , $7I - 7I_5 = 30$ (12)

由 (11) (12) 取消 I_5 , $273I = 800$

$$\therefore I = \frac{800}{273} \quad \therefore R_0 = \frac{E}{I} = 10 \times \frac{273}{800} = 3.4 \text{ 歐姆}$$

20. 電工率之計算 (Electric Power Calculation)

以 110 伏脫之電燈,接於 110 伏脫之二根導線間,燈即發光,用手摸燈炮,並覺其發熱,燈炮內之燈絲,不過為耗阻之一種,可知電流通過耗阻後,即發光發熱,光與熱均為能力,於此情形中,實由電能力 (Electric Energy) 以變成之,推廣言之,任何電流,通過任何

耗阻,均有電能力之損失,或化爲熱,或化爲光,而散失於耗阻之內外。

若以 M 磅重之物體,於 t 秒間內升高 H 呎,按力學定律,此時作工於 M 之機械能力 (Mechanical Energy) 爲 MH 或

$$\text{機械能力} = MH \dots\dots\dots (\text{磅呎})$$

但機械能力等於時間與機械工率 (Mechanical Power) 之相乘積

$$\text{故 機械工率} = MH/t \dots\dots (\text{磅呎/秒})$$

機械工率之實用單位爲馬力 (Horse Power), 其縮寫爲 $H.P.$ 每一馬力爲 550 (磅呎/秒) 故

$$\text{機械工率} = \frac{MH}{5.50t} \dots\dots\dots (\text{馬力}) \dots\dots\dots (11)$$

於電學上,亦有同樣之理。今以電量 Q 庫倫,於 t 秒內反抗 AB 二點間之電壓 E 伏脫,而自 B 至 A ,則此時對 Q 之工作,或加於 Q 上之電能力爲 QE , 或

$$\text{電能力} = QE \dots\dots\dots (\text{求爾}) (\text{Joule}) \dots\dots\dots (12)$$

$$\text{但 電工率} = \text{電能力}/t$$

$$\text{故 電工率} = QE/t \dots\dots (\text{瓦特}) (\text{Watt}) \dots\dots\dots (13)$$

$$\text{但 } \frac{Q}{t} = I \dots\dots\dots (\text{安培})$$

$$\text{故 } P (\text{電工率}) = EI \dots\dots (\text{瓦特}) \dots\dots\dots (14)$$

反之,若 Q 電量於 t 秒內自 A 而 B , 降落電壓 E , 則此時 Q 所消失之電能力爲 QE , 或對外作工 QE , 是猶 M 物體下降 H 呎, 而向外作工 MH 也。

於任何電路內,當 I (安培) 電流通過 R (歐姆) 耗阻時,其電壓降爲 IR (伏脫), 由前之說,其電工率之消失,必爲 I^2R , 或

$$E = IR \text{ 或 } I = \frac{E}{R}$$

$$P = IE = I^2R = \frac{E^2}{R} \dots\dots\dots (\text{瓦特}) \dots\dots\dots (15)$$

例題 今有電燈 1000 盞並聯於 110 伏脫間，每燈之電流為 $\frac{1}{2}$ 安培，問共需電工率若干？

$$(解) \quad I = \frac{1}{2} \times 1000 = 500 \text{ (安培)}$$

$$P = EI = 110 \times 500 = 55000 \text{ (瓦特)}$$

每一千瓦特曰基羅瓦特 (Kilowatt) 縮寫為 Kw

$$故 P = 55 \text{ (Kw)}$$

每七百四十六瓦特等於一馬力

$$故 P = \frac{55000}{746} = 73.7 \text{ (H. P.)}$$

21. 電子 (Electrons)

電流在電路內通行，以前各節已概示其原則，惟電流究爲何物，實學者應有之疑問，據最近學說，電之流動者爲許多細微之電，此細微之電即曰電子，電子之研究，不特與電學有重大關係，即與光學熱學及化學等有同樣關係。

凡物質由無數原子而成，而原子又含有若干電子，任何原子所含有之電子，皆同形同性，其性爲負，今爲便於計算及推想計，設電子形如球狀，其半徑爲 1×10^{-13} 厘米；質量爲 8.8×10^{-28} 克；荷有電量爲 1.59×10^{-19} 庫倫，較之任何原子小數千百倍。

原子除含有電子之外，尚含有與電子等量之正電，在尋常狀態中，正負中和，不現電性，但電子在原子中，並非受原子之約束，其一部分恆因原子之震動而游離於原子之外，當電子離開原子後，原子即失去其一部負性之電，不能與正電中和，遂爲荷正電之體。反之，若原子接得外來之電子，則負電多於正電，遂爲荷負電之體。

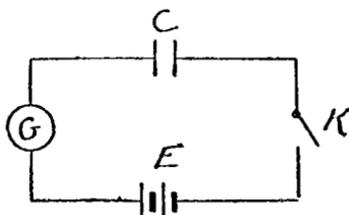
電子在導體中，由前之說有固定於原子中者，有自由流動者，彼自由流動之電子，在原子與原子間，取彎曲不齊之道，相互衝擊，瀟灑體表，接以電壓則電子受電壓之驅使，流向他端而成電流，若

物質溫度愈高，則原子震動愈快，而電子之放出亦愈多。苟置極高溫度之物質於真空中，電子得游離於物體之外。無線電傳訊術中，所用真空管之作用，即基於是理，俟第九章詳論之。

電子在非導體中，均屬固定，不克流動。即有電壓之接上，亦不過為暫時之微動。電壓一除，電子即回復原狀。故非導體之接至低電壓而不能通電者以此。

22. 電容器 (Condenser)

電流在導線上通行，已如前數節所述。今以電池 (E)，電鎗 (K)，極靈敏之測電表 (G)，及二導片間之置有非導體者 (C)，相連如第十七圖。將 K 關上，使第十八圖電路成合路時，於短時間



第 十 八 圖

內 G 即表示有若干電流經過，自 E 而及於 C。少頃 G 表指針，回復原狀，電流中止。將 E 拆去，代以短路，則短路接上時，微露火花，G 中又有電流通過之表示。惟指針所示電流之方向，適與前相反。由前之說，可知 E 內電量，輸之入 C，使為暫時儲蓄。至 C 中儲有電量後，電流即中止。因 C 有容電性，故曰電容器。以電量積於電容器時，曰電容器之充電 (Charge)。由後之說，可知以短路代 E 後，C 中電量放出，發現火花，變成光熱，是曰電容器之放電 (Discharge)。電容器充電，實與鐵箱儲煤汽之情形相似。鐵箱能儲煤汽之多少，全視煤汽壓力之大小為斷。壓力加倍，則煤汽之儲蓄亦加倍。電量之充於

電容器中，亦與電壓爲正比，用算式表之如下：——

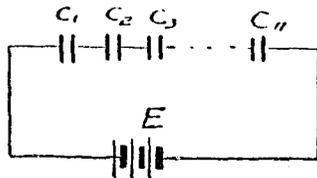
$$Q = CE \dots\dots\dots (庫倫) \dots (16)$$

式中 Q 爲電量， E 爲電壓（伏脫）， C 爲比例常數，專稱之曰電容器之電容量 (Capacity) 其實用單位爲法拉特 (Farad)，縮寫爲 f 。電容量之大小與導片之面積、距離及中間非導體之種類有密切關係（計算公式詳於第五章第 84 節）。此非導體專稱之曰通感體 (Dielectric)。電容器充電時之電流曰電力線流 (Displacement Current)。通感體有某種電性彈力，對於接於電容器之電壓，有反動作用，故電力線流不久即中止，但使物體反抗某力而運動時，必作工於物體，故使電容器充電，必須作工於電量，換言之，電容器充電後，必儲有電能。（計算公式詳於第四章第 71 節）。

鐵箱內煤汽壓力，不得過量增加，否則鐵箱即破裂。電壓之接於電容器者，亦有一定限止，否則通感體亦須破裂。通電，故電容器價值視其電壓之限度而定。電壓高者價貴，電壓低者價賤。無線電發報機上所用之電容器，其電壓之限度高，收報機上所用者，電壓之限度低。

23. 電容量之串聯與並聯

如第十九圖爲電容量之串聯法。因電容量 $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$ 等



第 十 九 圖

相互串聯則其中蓄有之電量必相等，是猶串聯耗阻之電路中，經過各段耗阻之電流均相等之意也。故設該電量爲 Q ，各電容器之

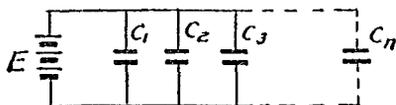
電壓為 E_1, E_2, E_3, \dots 及 E_n 等, 則 $E_1 = Q/C_1, E_2 = Q/C_2, E_3 = Q/C_3, \dots, E_n = Q/C_n$

$$\begin{aligned} \text{但 } E &= E_1 + E_2 + E_3 + \dots + E_n \\ &= Q \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n} \right) \end{aligned}$$

$$\text{或 } \frac{E}{Q} = \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n} \right)$$

今令全電路之總電容量為 C_0 , 則 $Q = C_0 E$ 或 $\frac{E}{Q} = \frac{1}{C_0}$

$$\therefore \frac{1}{C_0} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n} \dots \dots \dots (17)$$



第二十圖

如第二十圖, 為 C_1 等電容量, 相並聯之電路, 因各電容器之電壓均為 E , 故其相當之電量, 應如下列各式:

$$Q_1 = C_1 E, Q_2 = C_2 E, Q_3 = C_3 E, \dots, Q_n = C_n E$$

今令全電路之總電容量為 C_0 , 總電容量為 C_0 , 則

$$\begin{aligned} Q &= C_0 E = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n \\ &= E (C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n) \end{aligned}$$

$$\therefore C_0 = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n \dots \dots \dots (18)$$

由 (17) 及 (18) 式, 可知欲電路內電容量減少時, 當以電容器加入電路與原有者相串聯之, 欲加多則並聯之。

例題 今有電容量 1,4 及 5 兆分法拉特 (即法拉特兆分之一, 縮寫為 μf) 相串聯後而接以 100 伏脫, 問全電路之總電容量及總電量各為若干? 如以電容量 1,4 及 5 兆分法拉特相並聯後而接以 100 伏脫, 問全電路之總電容量及總電量各為若干?

(解) 串聯後自(17)式得

$$\frac{1}{C_1} = \frac{1}{1} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} = 1 + 0.25 + 0.20 = 1.45$$

$$\therefore C_1 = \frac{1}{1.45} = 0.69 \quad (\text{兆分法拉特})$$

$$Q = 0.69 \times 100 = 69 \times 10^{-6} \quad (\text{庫倫})$$

並聯後自(18)式得

$$C_2 = 1 + 4 + 5 = 10 \quad (\text{兆分法拉特})$$

$$Q = CE = 0.001 \quad (\text{庫倫})$$

24. 磁鐵 (Magnet)

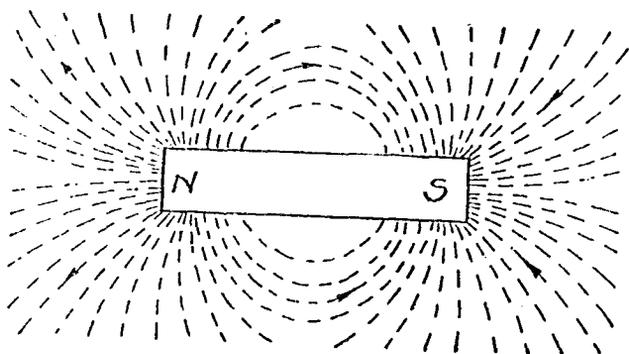
磁有二種：一曰天然磁 (Natural Magnet)，二曰人造磁 (Artificial Magnet)。天然磁為黑色氧化鐵 (Fe_3O_4)，簡稱之曰磁鐵，具有下列三特性——

1. 以磁鐵之一塊或一片，投於鐵屑中，則鐵屑叢聚其上。
2. 以棒狀之磁鐵繫絲線於其中部而空懸之，則磁棒靜止之位置均為南北向，故稱磁棒之指南者曰南極 (S)，指北者曰北極 (N)。
3. 凡磁極同名者相拒，異名者相吸，所謂吸拒者即彼此有吸力或拒力也。

觀磁鐵之第三特性，可知某處有磁鐵後，另以磁鐵置之近旁，二磁鐵間必發生或吸或拒之作用，其作用之範圍曰某處磁鐵之磁場，作用大者曰磁場強，小者曰磁場弱，代表磁場之強弱者曰磁場強度 (Intensity of the Magnetic Field)。學者為便於設想及計算，磁場強度又以單位面積內所有磁力線 (Magnetic Lines of Force) 之多少代表之，磁力線自磁鐵之北極發出，入於南極，自成回路有一定方向，故前述之單位面積，實含有與磁力線相垂直之意，至其存在分佈之狀，可以實驗明之如下：——

以白色紙片，置於磁棒之上，再以鐵屑散於紙面，而稍稍振動

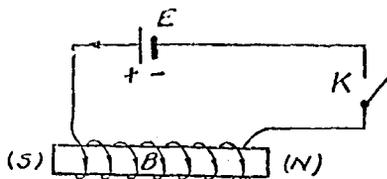
之，則鐵屑在紙面上之散佈，如第二十一圖，是即表示磁力線之分佈及其存在。



第 二 十 一 圖

25. 電 磁

人造磁之最易為者為電磁，(Electromagnet) 其法如第二十二圖，圖中 E 為電池 B 為軟鐵棒圍繞於軟鐵棒者為導線 K 為電鑰。當 K 不合時，則電流為零，軟鐵棒毫無磁性。若閉合 K 而通以電



第 二 十 二 圖

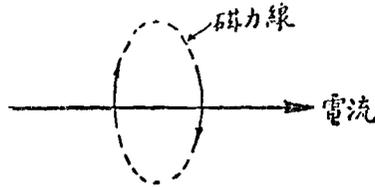
流，再以其他鐵片近之，即為吸住，軟鐵棒現極強之磁性。即將鐵棒抽去，電流不斷，用指南針試之，線圈亦具有磁性。由此實驗可知電流能發生磁性者也。其所生磁性之或南或北，與電流之流向，有一定關係，是曰右手定律。其第一律曰：——

握緊右手時，如四指指電流之流向，則大指之所指者，為電磁

之北極反背大指者爲南極。

磁性之發生不特通電於線圈爲然，即通電於單根導線後，以指南針近之，亦有或吸或拒之作用，表出磁性，其與電流方向之關係，得以右手定律之第二律定之，其言曰：——

以大指指導線上電流之流向，於是握緊導線於右手，則四指握時之方向，即爲磁力線之方向，情形如第二十三圖。



第 二 十 三 圖

26. 磁力線之計算

如第二十三圖由電生磁之強弱，或磁力線之多少，（普通以 ϕ 代表之）恆與下列四項有直接關係：

- (1) 線圈或鐵棒之橫截面積 (A) ... 凡 A 愈大者所生磁力線愈多。
- (2) 線圈單位長度內之圈數 (NI) (N 爲線圈之圈數， l 爲線圈之長) ... 凡 N, I 愈大者所生磁力線愈多。
- (3) 線圈內之電流 (I) ... 凡 I 愈大者所生磁力線愈多。
- (4) 線圈中間物體之比磁感 (Permeability) (μ) ... 凡 μ 大者所生磁力線愈多。

所謂某物比磁感者，即某物體之磁感性與空氣磁感性之比例數也，因物體之不同而各異其比磁感數量，空氣爲一，銅或大多數物體近於一，鐵則高至 10,000，或 10,000 以上，第 25 節所述：鐵棒抽去，電流不斷，發生磁性較弱，須用指南針以檢驗者，即因去極大

比磁感之鐵，而代以較小比磁感之空氣故也。

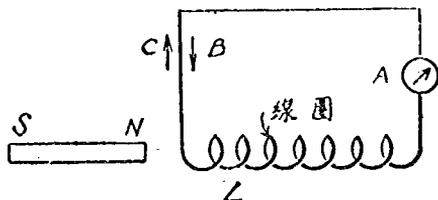
以上述四項合言之，得重要公式如下：—

$$\varphi = \frac{4\pi}{10} \frac{NI}{\ell} A \dots\dots\dots (19)$$

A 之單位為平方厘米， ℓ 之單位為厘米，I 之單位為安培。按磁場強度定義，為單位面積內磁力線數，故線圈中磁場強度必為 φ/A 。當線圈中間為空氣時， φ/A 以 H 代表之，不為空氣時，以 B 代表之，其單位為高斯 (Gauss)。

27. 磁電與林慈定律

如第二十四圖，NS 為磁棒，A 為極靈敏之測電表以 NS 投入線圈中，A 之指針移動，表示有電流通過，以 NS 自線圈中取出，A 之指針又移動，惟動向適與前相反，故知此次發生之電流，與以前發生者相反向，由此實驗之，即可明磁能生電之現象，解釋此現



第二十四圖

象者則曰：凡磁力線在線圈內增多（磁棒投入）或減少（磁棒取出）時，則於線圈上發生電壓，稱謂感應電壓 (Induced Voltage)。若線圈為合路，因感應電壓，而得之電流曰感應電流 (Induced Current)。倘磁力線無增減，（磁棒不動）則前述之作用亦消滅，至感應電流之流向，得依林慈定律 (Lenz's Law) 及右手第一律而定之。

林慈定律：線圈內因磁力線之增加或減少，而發生感應電流時，此感應電流所成之磁力線，必與原有磁力線之變化相反，凡原有磁力線而增加者，則其感應電流之磁力線，必與原有者反

向，而反對其增加之勢。若原有磁力線而減少者，則其感應電流之磁力線，必與原有者同向，而反對其減少之勢。

例如第二十四圖將磁棒移近線圈，線圈內發生感應電流時，此感應電流所成之磁力線，必將磁棒排斥，阻其移近。於是依右手第一律，此感應電流之流向如 B，故欲發生此感應電流，必須勝過此排力；欲勝過此排力，必須作工於磁棒，彼發電機之必須有汽引擎或油引擎以拖動其發電子（Armature）者以此反之，若將磁棒自線圈中取出則線圈上感應電流所生之磁力線，必與磁棒之磁力線同向，發生吸力阻其取出。於是依右手第一律，此感應電流之流向如 C。

28. 感應電壓之計算

由磁生電之理，已如前節所述，其所生感應電壓之大小，與下列二項有直接關係：——

(1) 單位時間內，某線圈中磁力線之變換愈快，則線圈上所得之感應電壓愈大。

(2) 線圈之轉數愈多，則所得之感應電壓愈大。

今設某線圈有 N 轉，於 t 秒鐘內，其中磁力線自 φ_1 而至 φ_2 ，以上述二項合言之，得感應電壓之公式如(20)式，式中 $\frac{\varphi_2 - \varphi_1}{t}$ ，僅指單位時間內，磁力線之平均變化，故 e 為平均電壓。

$$e = N \cdot \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{t} \times \frac{1}{10^8} \dots\dots\dots (\text{伏脫}) \dots\dots\dots (20)$$

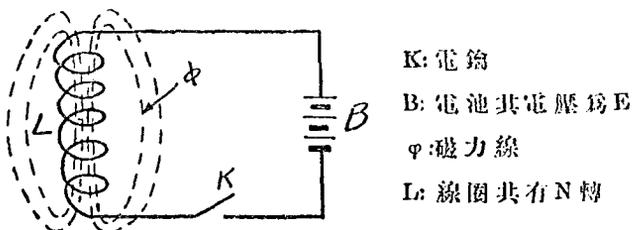
例題 如第二十四圖線圈有 100 轉，磁棒所有之磁力線為 10,000，於一秒鐘內將磁棒完全投入線圈中，問圈線上所得感應電壓若干？

(解) $N = 100, t = 1, \varphi_2 = 10,000 \varphi_1 = 0$

$$\therefore e = \frac{100 \times 10,000}{1 \times 10^8} = \frac{10^6}{10^8} = \frac{1}{100} \text{ 伏脫}$$

29. 自感量 (Self Inductance)

如第二十五圖，當電鎗合閉時，L內之電流，必由零而至相當



第二十五圖

值，設為 I 安培，其一無一有之時間雖短，然必可以 t 代表之。由第25節自電生磁之理，則 L 內之磁力線，在 t 時間必自 0 而至 ϕ 。 ϕ 之值得用第19式而計算之。再由第27節自磁生電之理， L 上必生成感應電壓 (e_i) 或感應電流 (i_i)。 e_i 之值得用第20式而計算之。照林慈定律，此 i_i 在 L 內必發生磁力線 (ϕ') 其方向與 ϕ 相反。但磁力線之方向隨電流 (發生此磁力線者) 之方向而定。 ϕ 與 ϕ' 之方向既相反， i_i 與 I 之流向亦相反， e_i 與 E 之正負亦相反，故 e_i 有反電壓 (Counter E. M. F.) 之名。此反電壓之大小，恆與單位時間內電流之變化為正比。若其比例常數，以 L 代表之，得 (21) 式式中 $\frac{L}{t} I$ 僅指單位時間內電流之平均變化，故 e_i 為平均電壓，其式如下：—

$$e_i = -L \frac{I_1 - I_2}{t} \text{ (伏脫)} \dots\dots\dots (21)$$

如第二十五圖 $I_2 = I$, $I_1 = 0$ 其變化之時間為 t

$$\text{故自 (21) 式得化爲 } e = L \frac{I}{t} \dots\dots\dots (22)$$

(21) 式中之 L 專稱之曰 自感係數 (Coefficient of Self Induction)

或簡稱曰 自感量，其單位為亨利 (Henry)，縮寫為 h 。

30. 自感量之計算

如第二十五圖電流為零時，磁力線亦為零， t 秒後電流為 I

時磁方線爲 φ 。於是依(20)式 $e_1 = N \cdot \frac{\varphi}{t} \cdot \frac{1}{10^8}$

自(22)式 $e_1 = L \cdot \frac{I}{t}$

$$\therefore L \cdot \frac{I}{t} = \frac{\varphi}{t} N \cdot \frac{1}{10^8}$$

$$\therefore L = \frac{N\varphi}{I \times 10^8} \dots\dots(\text{亨利})\dots\dots(23)$$

故所謂某線圈之自感量者亦即圍繞線圈各轉之磁力線(φ)。與其電流(I) (即發生 φ 者)之比例總數也。

以(19)式與(23)式合併得

$$L = \frac{4\pi}{10^7} \frac{N^2}{l} \mu A \text{ (亨利)} \dots\dots\dots(24)$$

可知線圈自感量之大小與線圈本身之形狀尺寸均有關係。且於無線電路中因週率極高，第(24)式亦有改變請參考第五章中自感量公式。

例題 某線圈共有 100 轉，其橫截面積爲 100 平方厘米，長爲 31.42 厘米，中間爲空氣，試求其自感量。

$$(\text{解}) \quad L = \frac{4 \times 3.142 \times 100^2 \times 100}{10^7 \times 31.42} = 4 \times 10^{-4} \text{ (亨利)}$$

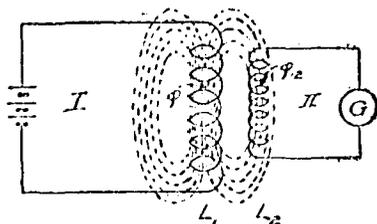
31. 自感量之比喩

於第二十五圖，當電鎗閉後，因有反電壓之發生，電流之值不能遽爲 0 必逐漸增加，至 I 而止，是猶加力於物體使之運動，因物體有質量或慣性，物體不克即爲極速之動，其速率必逐漸增加，故解說自感量者，恆以物體之慣性爲喻，彼已動之物體，因有慣性，不克使之驟止，故如第二十五圖電路，電鎗閉時，電流不遽爲零，學者試言其理。

32. 互感量 (Mutual Inductance)

電壓之發生除磁感 (如第二十四圖) 及自感 (即反電壓) 外，尚有因互感而發生之現象，如第二十六圖，第一電路內 L_1 之磁

力線(φ)有一部分(φ_{12})圍繞第二電路內 L_2 當第一電路內之電



I: 第一電路 II: 第二電路

L_1 : 第一電路之線圈共有 N_1 轉

L_2 : 第二電路之線圈共有 N_2 轉

G: 測電表

第二十六圖

流(I_1)變化時,其圍繞 L_2 之(φ_{12})亦發生變化,於是第二電路內生成感應電壓,或感應電流,可視 G 而知之。此感應電壓之大小,恆與單位時間內 L_1 之變化為正比。今以 M 代比例常數得算式如下:—

$$e_2 = M \frac{I_1' - I_1'}{t} \dots\dots\dots (\text{伏脫}) \dots\dots\dots (25)$$

$$\text{若 } I_1' = I_1, I_1 = 0, \text{ 則 } e_2 = M \frac{I_1}{t} \dots\dots\dots (26)$$

(25) 式中之 M, 曰互感量, 與自感量相似, 其單位亦為亨利。於特別情形內, 自 e_2 發生之理, 得列成立公式, 以計算 M 之大小。惟 M 與 L_1 及 L_2 之位置有密切關係, 位置變動, M 亦變。故欲求一式, 以概括一切 M 之計算, 為不可能之事實。實用上恆以直接量得者為標準。鮮有以公式計算之。

33. 自感量之串聯或並聯

自感量於電路中串聯或並聯與耗阻相似。惟此線圈與他線圈, 相鄰排列時, 有互感量發生, 計算時不能如耗阻之單簡。茲分述

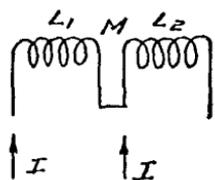
之：

(1) 線圈與線圈間距離甚大無互感量則

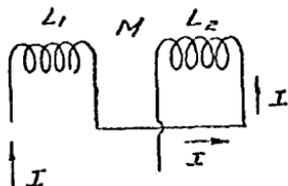
串聯時： L_0 (總自感量) = $L_1 + L_2 + L_3 + \dots$ (亨利).....(27)

並聯時： $\frac{1}{L_0} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} \dots$ (亨利).....(28)

(2) 線圈與線圈間有互感量發生時，亦須視此線圈所生磁力線之圍繞他線圈者，與他線圈原有磁力線之同向或反向，而異互感量之或正或負，換言之當視二線圈上電流之同向或反向，而定互感量之或正或負，例如第二十七圖 (a) 流入 L_1 之電流 (I)



(a)



(b)

第 二 十 七 圖

與流入 L_2 者既為同向又為同值而磁力線之方向亦同，有相助效果，故 M 為正。

$$\begin{aligned} \therefore L_0 &= (L_1 + M) + (L_2 + M) \\ &= L_1 + L_2 + 2M \dots \dots \dots (\text{亨利}) \dots \dots \dots (29) \end{aligned}$$

如第二十七圖 (b) L_1 及 L_2 上電流流向相反，而磁力線之方向亦反，有相剋效果，故 M 為負。

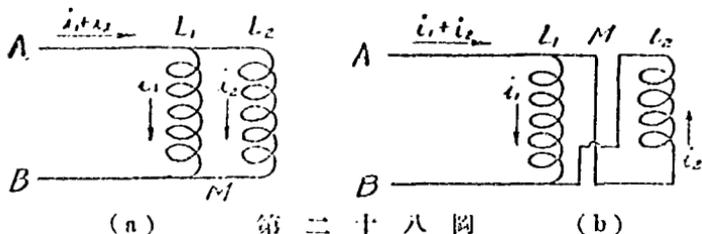
$$\begin{aligned} \therefore L_0 &= (L_1 - M) + (L_2 - M) \\ &= L_1 + L_2 - 2M \dots \dots \dots (\text{亨利}) \dots \dots \dots (30) \end{aligned}$$

如第二十八圖 (a) L_1 與 L_2 相並聯則

$$L_0 = \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 + L_2 - 2M} (\text{亨利}) \dots \dots \dots (31)$$

若 L_1 與 L_2 如第二十八圖 (b) 而並聯時，則 (30) 式中 $(-2M)$

當改爲 (+2M)。



(a) 第二十八圖 (b)

(31) 式之證明： 設於單位時間內電流之變化自零面 i_1 及 i_2 ，則 AB 間之感應電壓當爲：

$$e = L_1 i_1 + M i_2 \dots\dots\dots (1)$$

$$e = L_2 i_1 + M i_1 \dots\dots\dots (2)$$

$$e = L_2 (i_1 + i_2) \dots\dots\dots (3)$$

自 (1) (2) 二式得 $L_1 i_1 + M i_2 = L_2 i_2 + M i_1$

$$\therefore i_1 (L_1 - M) = i_2 (L_2 - M)$$

$$\therefore i_1 = i_2 \frac{(L_2 - M)}{(L_1 - M)} \dots\dots\dots (4)$$

自 (1) (3) 二式得 $L_2 (i_1 + i_2) = L_1 i_1 + M i_2 \dots (5)$

將 (4) 代入 (5) 得

$$i_2 L_2 \left(\frac{L_2 - M}{L_1 - M} + 1 \right) = i_2 \left(M + L_1 \frac{L_2 - M}{L_1 - M} \right)$$

$$\therefore L_2 = \frac{(M L_2 - M^2 + L_1 L_2 - M L_1) / (L_1 - M)}{(L_1 + L_2 - 2M) / (L_1 - M)}$$

$$= \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 + L_2 - 2M}$$

例題 1. 如第二十七圖之 L_1 及 L_2 獨立測量時得其自感量各爲 600×10^{-6} h 若相距甚遠而串聯並聯之其總自感量各爲若干？

(解) 串聯時自 (2') 式得

$$L_3 = L_1 + L_2 = 1200 \times 10^{-6} \text{h.}$$

並聯時自(28)式得

$$\frac{1}{L_3} = \frac{1}{600 \times 10^{-6}} + \frac{1}{600 \times 10^{-6}} = \frac{1}{300 \times 10^{-6}}$$

$$\therefore L_3 = 300 \times 10^{-6} \text{h.}$$

例題 2. 如例題 1 之 L_1 及 L_2 , 若照第二十七圖 (a) 而串聯之
照第二十八圖 (b) 而並聯之, 其互感量測得為 42.5
 $\times 10^{-6}$, 則其總自感量各為若干?

(解) 串聯時自第 29 式得

$$\begin{aligned} L_3 &= 600 \times 10^{-6} + 600 \times 10^{-6} + 2 \times 42.5 \times 10^{-6} \\ &= 128.5 \times 10^{-6} \text{h} \end{aligned}$$

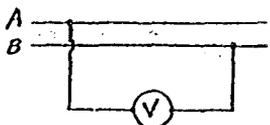
並聯時自第 31 式而改 $(-2M)$ 為 $(+2M)$ 得

$$\begin{aligned} L_3 &= \frac{600 \times 10^{-6} \times 600 \times 10^{-6} - (42.5)^2 \times 10^{-12}}{600 \times 10^{-6} + 600 \times 10^{-6} + 85 \times 10^{-6}} \\ &= \frac{(360000 - 1800) \times 10^{-12}}{1285 \times 10^{-6}} \\ &= 280 \times 10^{-6} \text{h} \end{aligned}$$

習 題

1. 一 200 伏脫之電燈, 其耗阻為 400 歐姆, 問此燈應有電流若干?
2. 一電燈接於 120 伏脫之電壓時, 通過電流 0.3 安培, 試求其耗阻.
3. 人身耗阻假定為 10,000 歐姆, 若有 0.01 安培之電流通過人體時, 即能致死, 問最低之危險電壓若干?
4. 一 110 伏脫之電燈, 需電流 1/4 安培, 問其耗阻若干?
5. 一 0.2 歐姆之導線, 接於一乾電池之兩極, 此時外端電壓為 1.2 伏脫, 問半小時後, 此導線共通過電若干?
6. 某電路接於 220 伏脫電壓之間, 半小時內, 共通過電量 100 庫倫, 求此電路之耗阻.

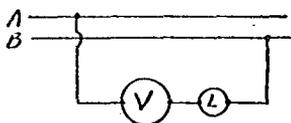
7. 我人所燃電燈之耗阻,在紅熱時為 500 歐姆,以之接於 125 伏脫之電壓,六時半上火,九時十五分熄火,問每日每燈通過電量若干?
8. 一電鈴需電流 $\frac{1}{4}$ 安培,其耗阻為 12 歐姆,問須用電壓若干?
9. 某發電機之磁場電圈需電流 2.18 安培,若用於 110 伏脫之電壓時,其耗阻當為若干?
10. 如左圖 AB 二線間電壓為 150 伏脫, (a) 設 V 為伏脫表,消



150000 歐姆之耗阻,則通過 V 之電流為若干? (b) 設 V 為安培表,其耗阻為 .005 歐姆,則通

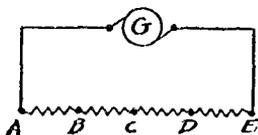
過 V 之電流為若干? (c) 該電流對於安培表之影響若何?

11. 設上題內儀器 V 為伏脫表與一電燈 L 串聯相接於 AB

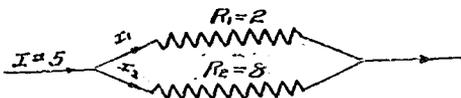


二線之間,如左圖, L 之耗阻為 500 歐姆,試求通過 L 之電流。

12. 如左圖發電機 G 之內路耗阻為 1.2 歐姆,其外路耗阻: AB = 6.4 歐姆, BC = 4.8 歐姆, CD = 3.6 歐姆, DE = 2 歐姆,若此發電機能發生 180 伏脫之電壓,試求各段耗阻間之電位降。



- 13.



今有 2 歐姆與 8 歐姆並聯之耗阻,其總電流為 5 安培,接法如上圖,求通過各耗阻之電流。

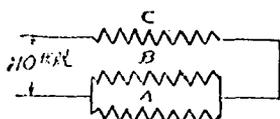
14. 10, 20, 30, 40 歐姆之耗阻並聯相接,設其總電流為 2 安培,則通

過各耗阻之電流若干?

15. A, B 二耗阻之比如 3: 5. (a) 當其串聯時, 測得 A 之電壓為 60 伏脫, 求 B 之電壓. (b) 當其並聯時, 測得 A 之電流為 6 安培, 求 B 之電流.
16. 電路 A, B, C, 其耗阻之比如 3: 5: 10. (a) 當其串聯時測得 C 之電位差為 110 伏脫, 試求其總電壓. (b) 當其並聯時, 測得 B 之電流為 1.8, 試求其總電流.
17. 三串聯之耗阻, 其電位差之比如 1: 3: 5. 設其最大之耗阻為 450 歐姆, 求其他二耗阻之值.
18. 三耗阻 A, B, C, 並聯時, 測得其電流之比如 1: 3: 5. 若已知 A 之耗阻為 150 歐姆, 則 B, C, 之耗阻各為若干?
19. 串聯 6 燈, 所用各導線之總耗阻為 7 歐姆, 每燈耗阻為 15 歐姆. (a) 需若干電壓, 方能供給 6 安培之電流於此電路? (b) 每燈之電位降若干? (c) 導線上之電位降若干?
20. 一發電機與一電燈, 串聯合路, 機之內耗阻為 $1\frac{1}{2}$ 歐姆, 燈之耗阻為 100 歐姆, 導線之耗阻為 $1\frac{1}{4}$ 歐姆. (a) 若每燈需電流 2.5 安培, 則此機須發生若干電壓以供給之? (b) 求此時之外端電壓?
21. 欲使 10 安培之電流通過 14, 5, 8 等歐姆, 並聯時之電路, 須用電壓幾何?
22. 一電路為 12, 4, 16 歐姆之三耗阻並聯而成, 若 12 歐姆之耗阻上有 4 安培之電流通過時, 其他二耗阻各有電流若干?
23. 三等耗阻之燈, 並聯於 112 伏脫之間, 其總電流為 2.4 安培, 求各燈之耗阻.
24. 16, 22, 28 歐姆之三耗阻串聯於 110 伏脫之間, 須用若干歐姆之導線, 方能得 1.6 安培之耗電流?

25. 三並聯電路之總耗阻為 4.52 歐姆,其二為 12 與 17 歐姆,求第三路之耗阻.

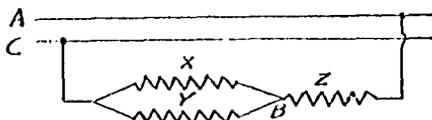
26.

如左圖 $A = 14$, $B = 120$, $C = 100$ 歐姆,試求:——

(a) A 與 B 之總耗阻 (b) 各

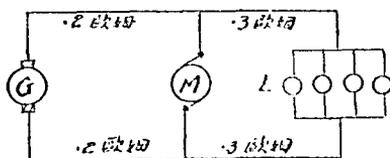
耗阻所載之電流.

27.



如左圖 AB 間電壓為 60 伏脫, X 上電流為 3.2 安培, Y 之耗阻為 5 歐姆, Z 之耗阻為 4 歐姆,求 (a) AC 間之電壓 (b) 全路之總耗阻.

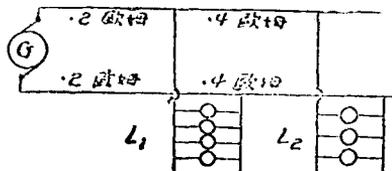
28.



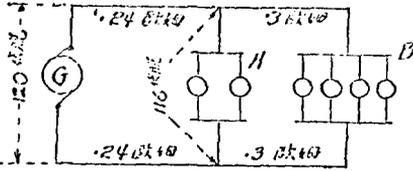
電動機 M 與電燈 L 並聯於發電機之電壓線上如左圖,設通過 M 之電流為 12 安培,通過每燈之電流

為 1.5 安培,求 (a) 由 G 至 M 之電位降 (b) 由 G 至 L 之電位降.

29.

如左圖祇知 L_2 燈上所受電壓為 101 伏脫, G 之內耗阻為 2 歐姆,設通過各燈之電流均為 1.5 安培,試求 G 所發生之電壓.

30.

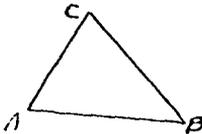


如左圖內 A 組各燈之耗阻為 180 歐姆, 試求 (a) B 組各燈所受之電壓 (b) B 組各燈之耗阻 (c)

全路之總耗阻。

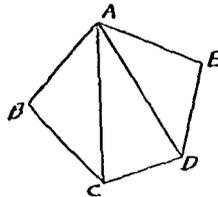
31. 設 xy = 耗阻並聯時, 其總耗阻為 $R = \frac{xy}{x+y}$, 試證明之。
32. 設 R 為 xy 二耗阻並聯後之總耗阻, R' 為 xy 二耗阻串聯後之總耗阻, 則 $RR' = xy$, 試證明之。
33. 二耗阻並聯之和為 8 歐姆, 若其中一耗阻為 20 歐姆, 則其他耗阻當為若干?
34. 二耗阻並聯之和為 12 歐姆, 串聯之和為 50 歐姆, 求各耗阻之值。
35. 二相等耗阻之總耗阻, 並聯時比串聯時少 18 歐姆, 求各耗阻之值。
36. 今有二耗阻, 若以之串聯於 120 伏脫之電壓, 則得電流 1.2 安培, 若以之並聯於此電壓, 則得 5 安培之電流, 若以各耗阻單獨接於此電壓, 則各得電流若干?

37.



如上圖 ABC 為三耗阻串聯後之電路, 設 $AB = 10$, $BC = 20$, $AC = 3$ 歐姆, 求 (a) AB 間 (b) BC 間 (c) CA 間之總耗阻

38.

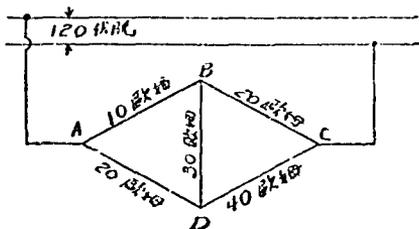


如上 ABCDE 為七耗阻相聯之電路, 設 $CD = 15$, $AB = AE = 10$, $LC = ED = 20$, $AG =$

$\Rightarrow AD = 30$ 歐姆, 求 (a) AC 間之總耗阻 (b) AD 間之總耗阻 (c)

OD 間之總耗阻.

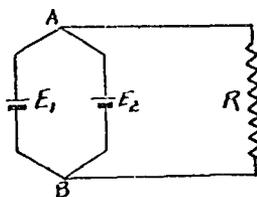
39.



試於上圖惠斯登橋內, 求 (a) 通過 AB 之電流 (b) 通過 AD 之電流 (c) 通過 BD 之電流.

40. 前題惠斯登橋內試求 (a) AC 間之總耗阻 (b) BD 間總耗阻 (c) AD 間總耗阻.

41.



如左圖, $E_1 = 2.2$ 伏脫其內耗阻為 0.4 歐姆.

$E_2 = 1.8$ 伏脫其內耗阻為 0.75 歐姆.

$R = 0.12$ 歐姆.

試求各路上之電流.

42. 某電表有耗阻 1210 歐姆, 以之接於 110 伏脫間, 問共有電工率若干?

43. 試求第 6, 第 8 及第 9 題之電工率各為若干?

44. 今有電容量 0.014 μf , 接以 30,000 伏脫, 使之充電, 問電量為若干?

45. 今有電容量 0.02, 0.2 及 0.05 μf , 問串聯及並聯後之電容量各為若干?

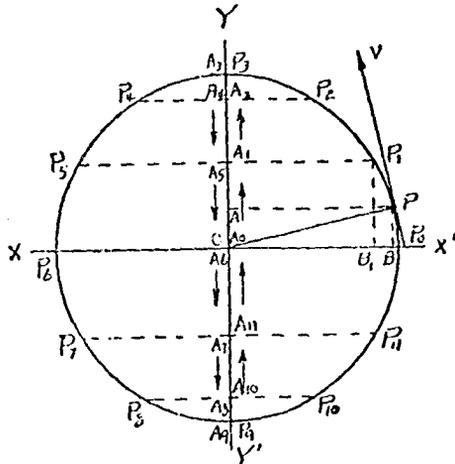
46. 某 15 基羅瓦特, 220 伏脫發電機之內耗阻為 0.4 歐姆, 試求其內部損失。
47. 每燈耗阻為 200 歐姆, 需電流為 0.1a, 問輸出為三馬力之發電機一座, 可燃若干盞燈?
48. 將乾電池兩端成短路幾分鐘後, 電池發熱何故?
49. 某一轉線圈適與磁場為 5 高斯者相垂直, 該線圈之面積為 5 平方極, 如將線圈於 0.1 秒內脫離磁場, 可得感應電壓若干?
50. 如前題線圈之位置適與磁場磁力線相並行, 問此線圈上下或左右移動時, 是否有感應電壓發生?
51. 如第二十五圖, L 之自感量為 10 千分亨利 (即亨利之千分之一), K 閉合時之電流為 10 安培, 若放開 K 而電流完全不通之時間為 0.001, 0.01 及 0.1 秒, 試求其反電壓。
52. 如前題測得電流為 1 安培, 其停止之時間適為 1 秒, 感應電壓為 10 伏脫, 問 L 為若干?
53. 某線圈之自感量極高, 電流亦極大, 如於電流中斷時, 以手執線圈之二端, 是否有危險發生?
54. 如第二十六圖, L_2 置於 L_1 內, 彼此同軸, 若將 L_1 固定 L_2 向外轉動時, 互感量之變化若何?
55. 如前題若 L_1 與 L_2 彼此垂直時, 其互感量為若干?
56. 如第 53 題若 L_1 與 L_2 串聯後而旋轉 180 度, 則其總自感量之變化若何?
57. 如前題而並聯之, 其總自感量之變化若何?
58. 如第二十六圖, L_1 與 L_2 之距離愈遠則 M 愈小, 試言其故。
59. 如第二十六圖, M 為 1 千分亨利, 第一電路內之電流於 0.01 秒自 10 安培而 5 安培 ϕ_2 為若干?

-
60. 二線圈第一次串聯後,測得總自感量為 1 亨利第二次串聯後測得總自感量為 0.4 亨利問其互感量為若干?
61. 二線圈之自感量各為 0.5 及 0.1 亨利如第二十八圖 a 而並聯後,測得其總自感量為 0.1 亨利問其互感量為若干?

第三章 交流電路

34. 單弦運動

如第二十九圖，P 點在圓周上以等速自 P_0 而 P_1, P_2, P_3 則其在 YY' 軸上之投影（見註）必為 A_3, A_4, A_5, A_6 ，再由 P_3 依周游



第 二 十 九 圖

進經 $P_4, P_5, \dots, P_{10}, P_{11}$ 諸點而回至 P_0 ，其各點之相當投影在 YY' 軸上，必自 A_3 點起，依以前反對方向，經 $A_4, A_5, \dots, A_{10}, A_{11}$ 諸點，抵 A_0 點後，與以前同向，經 A_{10}, A_{11} 而回至 A_3 。凡 A 點在 YOY' 軸上一來復之運動，曰單弦運動（Simple Harmonic Motion）。此種運動最顯之例，為鐘擺之擺動，其理於（38）節論之。

於任何時，自 O 至 A 之距離曰振距（Displacement），其最大值曰幅（Amplitude），圓中與圓之半徑相等。

（註）所謂某點在某直線上之投影者，即自該點引一垂直線，至某直線之垂足。

35. 單弦運動之公式

如第二十九圖連結 OP 線當 P 點運動時, OP 線必以 O 為軸, 隨 P 旋轉. OP 於每秒內所轉 $PO P_0$ 角之大小曰角度速率 (Angular Velocity), 其單位有二種: 一為度秒, 一為弧度/秒. 後者較前者為通用, 恆以 ω 代表之. 一弧度 (Radian) 之值等於 57.3° 即 $180^\circ/\pi$, 亦用以表示角之大小者.

令 P_0 至 P 之時間為 t 秒, 角 P_0OP 之弧度為 θ , OP 為 R , P 之角度速率為 ω , 則

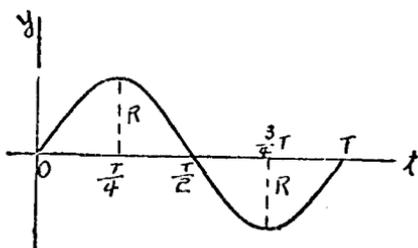
$$\theta = \omega t \quad (1)$$

$$PB = OA = OP \sin \theta \quad (2)$$

以 y 代 OA , 再將 (1) 代入 (2), 則

$$y = R \sin \omega t \dots\dots\dots (32)$$

故曰單弦運動中振距之變化, 為正弦函數 (Sine Function). 以 y 與 t 圖表之, 可得正弦曲線如第三十圖.



第 三 十 圖

36. 週期與週率

如第三十圖, ot 軸上下二部曲線曰週 (Cycle). 每秒內所有之週數曰週率 (Frequency), 一週所需之時間曰週期 (Period). (即如第二十九圖 P 點在圓周上行動一週之時間) 今以 T 代週期, f 代週率, 按定義則得

$$T = \frac{1}{f} \dots\dots (\text{秒}) \dots\dots (33)$$

$$\text{或 } f = \frac{1}{T} \dots\dots (\text{週/秒}) \dots\dots (34)$$

週/秒之縮寫為 \sim/Sec .

$$\begin{aligned} \text{又, } \omega &= \frac{2\pi}{T} \\ &= 2\pi f \quad (\text{弧度/秒}) \dots\dots (35) \end{aligned}$$

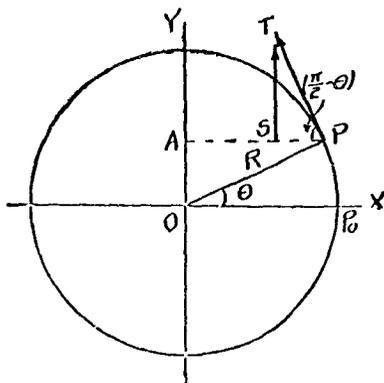
$$\begin{aligned} t \text{ 秒後 } \theta &= \omega t = \frac{2\pi}{T} t \\ &= 2\pi ft \dots\dots (\text{弧度}) \dots\dots (36) \end{aligned}$$

故 (32) 式得化為 $y = R \sin 2\pi ft \dots\dots (37)$

又自第三十圖,可知 t 為 $\frac{T}{4}$ 或 $\frac{3T}{4}$ 秒時, y 值為最大,適與 R 相等。故凡方程式之似 (32) 者,其正弦左方之係數,必為最大值。例如 $e = E_m \sin \omega t$ 式中, e 之最大值為 E_m , 又如 $i = O_m \sin \omega t$ 式中, i 之最大值為 O_m 。餘仿此。

37. 單弦運動之速率

第三十一圖 P 點在圓周上之角度速率及直線速率 (Linear Velocity) 雖為定值,惟直線速率之方向,則依時而變,所謂直線速



第 三 十 一 圖

率者，即 P 在圓周上，於單位時間內所行之圓弧長度也。今以 V_P 代 P 點之直線速率， V_A 代 A 點之速率，依定義

$$V_P = R\omega \dots \dots \dots (38)$$

於第三十一圖，設 P_0 至 P 之時間為 T 秒，自 P 作切線 PT ，則 PT 必為 P 點在此時之直線速率方向。又設 P 在此時之直線速率為 PT ，則 PT 之垂直分速率 ST ，必為 A 點之速率。如圖

$$V_P = PT, \quad V_A = ST = PT \sin\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right) = V_P \cos\theta$$

$$\therefore V_A = R\omega \cos\theta$$

$$= R\omega \cos 2\pi ft \dots \dots \dots (39)$$

以 y 代 OA ，則依速率定義

$$V_A = \frac{y}{t} \dots \dots \dots (40)$$

但 y 不依時間而為等量之變化，故 y/t 僅能表示 A 在 t 時之速率，不能表示 A 點之平均速率。為便於標識計，將 (40) 式變成 (41) 式。 y/t 之兩旁，附以括號，表明 y 在任何時之速率，亦即表明 y 之時變率 (The Rate of the Change of y)。以下用同樣符號者，有同樣意義。

$$V_A = \left(\frac{y}{t}\right) \dots \dots \dots (41)$$

$$\text{自 (39) 式 } \therefore V_A = \left(\frac{y}{t}\right) = \left(\frac{R \sin \omega t}{t}\right)$$

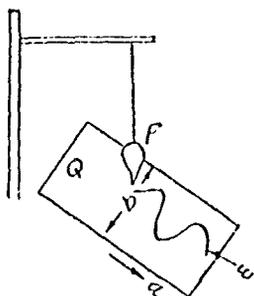
$$= R \left(\frac{\sin \omega t}{t}\right) \dots \dots \dots (42)$$

$$\text{以 (42) 與 (39) 合併得 } \left(\frac{\sin \omega t}{t}\right) = \omega \cos \omega t \dots \dots \dots (43)$$

此式應用甚廣，學者應牢記。

38. 鐘擺為單弦運動之解說

如第三十二圖， P 為鐘擺，中貯細沙，下鑿小孔。 P 沿 b 向前後擺動時，細沙確能自小孔漏出。 Q 為白紙，在垂直於 P 之水平面內，



第三十二圖

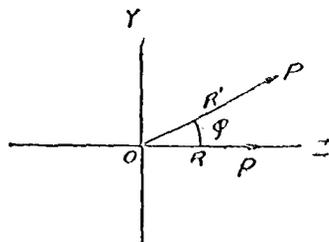
沿 a 向為等速之動盪能承 P 漏下之沙而不與 P 相觸。ab 二向成直角如是實驗後在 Q 紙上可得 W 之波狀曲線若 P 動不已而 Q 長無限則 W 曲線亦得綿綿不絕以 W 曲線與第三十圖之正弦曲線相較實屬近似故曰鐘擺運動為單弦運動也與 P 有同樣現象者如彈簧及鋸片之振動等（鋸片一端固定一端繫有重物加力於物端而使之振動）惟因空氣及其分子間之阻力動後片刻即止故動時所得波狀曲線與正弦曲線實有相異之點俟振盪電路中再詳論之。

39. 矢量

凡有數值而又有方向之量得用矢線代表之矢端表示其方向，矢長表示其大小合言之稱曰矢量（Vector Quantity）。第三十一圖中，PT 即代表 V_P 之矢量。矢量有二種：一曰固定矢量，其方向固定不變，一曰旋轉矢量，其方向因旋轉而變換物理及工程上各種問題，用矢量代表而便於解決者，不勝其數俟下節詳述。

40. 矢量圖表法

於 (35) 節， $y = R \sin \omega t$ 式之來源實由 OP 線以 O 為軸旋轉而成故 y 得以 OP 旋轉矢量圖表之，如第三十三圖。



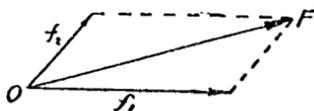
第三十三圖

惟須注意者有下列幾點：——

1. OP 之長等於 y 之最大值 R .
2. OP 之旋轉速率等於 ω .
3. OP 線雖靜止於 OX 軸上,其實有旋轉之意.
4. OP 以 ω 為角度速率而旋轉時,其在 Y 軸之投影,為 y 之值.

OP 既為旋轉矢量,其位置原不以 OX 軸為限,惟因 P 自 X 軸出發,OP 亦當以 X 軸為出發線,即出發後,為便於計算計,恆以 X 軸為備考線 (Reference Line),且此時 t 為零, y 值為零,而 OP 在 Y 軸上之投影亦為零,適與上述之第 4 點相符合,若 $y' = R \sin(\omega t + \varphi)$,則代表 y' 之矢量,為第三十三圖中之 OP', OP' 與 OX 之交角為 φ , t 為零時,則 $y' = R \sin \varphi$,而 OP' 在 Y 軸上之投影,亦為 $R \sin \varphi$,故曰 OP' 為 OP 矢量旋轉時之出發線,由此以推,任何正弦函數,用矢量圖表時,恆以矢量之出發線為其圖表.

41. 矢量之和



第三十四圖

如第三十四圖,加於 0 之二力為 f_1 及 f_2 ,自初等物理學求合力之理,以 f_1 及 f_2 為二邊,作一並行四邊形 $f_1 O f_2 F$,其對角線 OF,即 f_1 及

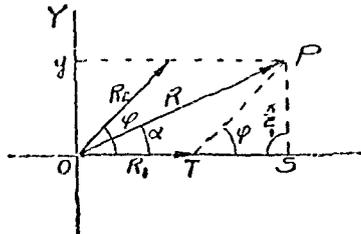
f_2 之合力,亦即二固定矢量 f_1 及 f_2 之矢量和 (Vector Sum).

求固定矢量和之法,如前所述,求旋轉矢量和時,亦然,茲舉例以明之如下:——

$$\text{例題 1. } y_1 = R_1 \sin \omega t \quad (1)$$

$$y_2 = R_2 \sin(\omega t + \varphi) \quad (2)$$

試求 y_1 與 y_2 之和,



第 三 十 五 圖

(解) 此種問題,若用三角法,或如第三十圖之圖表法,將 (1) (2) 二式繪成正弦曲線,而相加之,實不勝其煩,今如第三十五圖,以 R_1 及 R_2 二矢量,代表 y_1 及 y_2 , 作並行四邊形 R_1OR_2P , 則 R 必為 y_1 與 y_2 相加後之矢量代表,蓋此時 (即 $t = 0$) R 在 Y 軸上之投影 oy , 適等於 R_1 及 R_2 在 Y 軸上投影之和, R_1 與 R_2 之角度速率同為 ω , 故 R_1 與 R_2 旋轉時,其間之相差角,必恆為 φ , 並行四邊形 R_1OR_2P , 亦以 ω 為角度速率,以 O 為軸,隨 R_1 及 R_2 之旋轉而旋轉,於是 R 之角度速率亦為 ω , 恆為 R_1 與 R_2 之矢量和,而代表 y_1 與 y_2 之相加值,茲用算式表之如次:

$$\overline{R} = \overline{R_1} + \overline{R_2} = R_1 \sin(\omega t) + R_2 \sin(\omega t + \varphi)$$

$$\therefore y_1 + y_2 = R \sin(\omega t + \alpha) \dots \dots \dots (44)$$

R 等上面有一劃符號,表明矢量和之意,與普通數學上二數之和不同,學者應辨別之,至 R 與 α 之值,得用三角法求之如下式:—

$$\begin{aligned} R^2 &= \overline{OS}^2 + \overline{SP}^2 \\ OS &= OT + TS \\ &= R_1 + R_2 \cos \varphi \\ SP &= R_2 \sin \varphi \end{aligned}$$

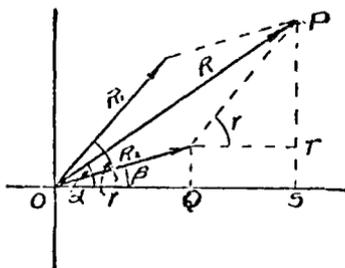
$$\therefore R = \sqrt{(R_1 + R_2 \cos \varphi)^2 + (R_2 \sin \varphi)^2} \dots \dots \dots (45)$$

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{SP}{OS} = \tan^{-1} \frac{R_2 \sin \varphi}{R_1 + R_2 \cos \varphi} \dots \dots \dots (46)$$

例題 2. $y_1 = R_1 \sin(\omega t + \gamma)$

$$y_2 = R_2 \sin(\omega t + \beta) \quad \gamma < \beta \quad \text{試求 } y_1 + y_2$$

(解) 作第三十六圖



第 三 十 六 圖

R_1 代表 y_1 , R_2 代表 y_2 , R, O, R, P 為並行四邊形.

$$\therefore \vec{R} = \vec{R}_1 + \vec{R}_2 = R \sin(\omega t + \alpha)$$

按三角法 $R = \sqrt{OS^2 + SP^2}$

$$\therefore R = \sqrt{(R_1 \cos \gamma + R_2 \cos \beta)^2 + (R_2 \sin \beta + R_1 \sin \gamma)^2} \dots \dots \dots (47)$$

$$\therefore \alpha = \tan^{-1} \frac{SP}{OS} = \tan^{-1} \frac{R_2 \sin \beta + R_1 \sin \gamma}{R_1 \cos \gamma + R_2 \cos \beta} \dots \dots \dots (48)$$

若 γ 與 β 二角有一為負,則依三角學上,反時針轉向為正,時針轉向為負之理,先定矢量之位置,而後作圖相加之,亦屬易事,如前題,若不求其和而求其較,則

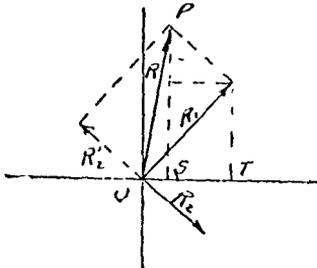
$$y_1 - y_2 = \vec{R}_1 - \vec{R}_2 = \vec{R}_1 + (-\vec{R}_2) \dots \dots \dots (49)$$

即如前法,作 R_2 矢量後,再作一矢量與 R_2 相反者,於是與 R_1 作圖相加之,即得 $(y_1 - y_2)$ 之矢量代表值,

例題 3. $y_1 = 40 \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{4}\right)$

$y_2 = 30 \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{4}\right)$ 試求 $y_1 - y_2$.

(解) 作第三十七圖



R_1 代表 y_1 , R_2 代表 y_2 .

R_1' 與 R_2 相等而相反, 得代表 $(-y_2)$, 故 R 代表 $(y_1 - y_2)$.

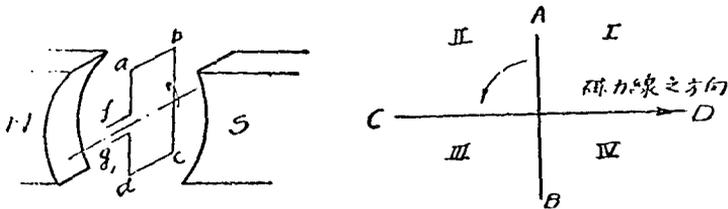
第三十七圖

$\therefore y_1 - y_2 = R \sin(\omega t + \alpha) \quad \alpha = \angle POY$

但 R_1 垂直於 $R_2 \quad \therefore R = \sqrt{R_1^2 + R_2^2} = 50$

$$\tan \alpha = \frac{PS}{OS} = \frac{R_1 \sin \frac{\pi}{4} + R_2 \sin \frac{\pi}{4}}{R_1 \cos \frac{\pi}{4} - R_2 \cos \frac{\pi}{4}} = \frac{70}{10} = 7,$$

42 交流電壓之產生

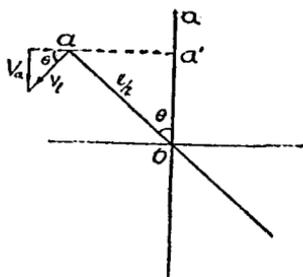
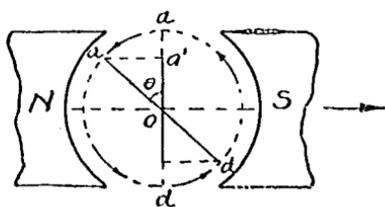


(a) 第三十八圖 (b)

如第三十八圖 (a), 線圈 $abcd$ 在兩磁極 NS 間旋轉當線圈自 AB 之位置而轉至 CD 時 (即第二象限 II), 中間磁力線逐漸

減少, $abcd$ 得感應電流, 其流向依第二章第 27 節所述, 必自 b 而 a 而 f , 經外路而 g , 再由 do 回來 (因新生之磁力線與原有者同向, 反對其減少), 此時 g 為負, f 為正 (參考第二章第 13 節). 當線圈自 GD 而轉至 BA 時, (即第三象限 III) 中間磁力線, 逐漸增加, 亦得感應電流, 其流向與前述者同, (因新生之磁力線與原有者反向, 反對其增加) gf 之負正不變. 當線圈自 BA 而轉至 DC 時, (即第四象限 IV) 中間磁力線逐漸減少, 亦得感應電流, 其流向適與前相反 (因新生之磁力線與原有者同向, 反對其減少). 於是 f 為負, g 為正. 當線圈自 DC 而轉至 AB 時, (第一象限 I) 由前理推演亦得感應電流, 而流向不變, fg 之負正亦不變. 若線圈繼續旋轉, 則上述情形週而復始, gf 間之電壓, 亦產生不已. 惟須注意者, 線圈旋轉一週, gf 間電壓之正負, 更迭一次. 因其正負更迭, 不若直流電壓之持久不變, 遂名交流電壓 (Alternating Voltage) 簡稱亦曰電壓, 其單位為伏脫, 代表者為 E . 由交流電壓而產生之電流曰交流 (Alternating Current) 單位為安培, 代表者為 I .

43. 交流電壓公式



(a) 第三十九圖 (b)

第三十九圖 (a) 為第三十八圖 (a) 之縱截面, ad 代線圈 bc 部分之長, 設 NS 間之磁場強度為 H 高斯, 線圈 ab 部分之闊為 b cm, bc 部分之長為 l cm, 則線圈靜止時, 中間之磁力線 (ϕ_1) 必為

bH. 及線圈如矢示之方向,以 ω 為角度速率,經極短時間 t , 而旋轉 θ 角後,中間之磁力線 (ϕ_2) 必為 $b, H, 2\alpha'$. 自第二章第 28 節得

$$e_1 = \frac{\phi_2 - \phi_1}{t \times 10^8} = \frac{bH[\phi_2(\alpha') - 1]}{t \times 10^8} = 2bH \left(\frac{-n\alpha'}{t} \right) \times 10^{-8}$$

$\left(\frac{-n\alpha'}{t} \right)$ 即 a 點在 ad 軸上,向下之速率,以 V_2 代之. 又以 V_1 代 a 在圓周上之直線速率,則如第三十九圖 (b) 得

$$V = V_1 \sin \theta = \frac{1}{2} \omega \sin \omega t$$

$$\therefore e_1 = \frac{bH\omega}{10^8} \sin \omega t \dots \dots \dots (\text{伏脫}) \dots \dots \dots (50)$$

以 E_m 代 e_1 之最大值,則自第 36 節所述得

$$E_m = bH\omega \times 10^{-8} (\text{伏脫}) \dots \dots \dots (51)$$

$$\therefore e_1 = E_m \sin \omega t \dots \dots \dots (\text{伏脫}) \dots \dots \dots (52)$$

故曰交流電壓為正弦函數.

V_1 得應用 (39) 式直接推算之. 惟此時 a 點自垂直軸出發,而不自水平軸出發. 如欲應用 (39) 式,必當以水平軸為標準, θ 角應改為 $\theta + \frac{\pi}{2}$, 以之代入 (39) 式,得

$$\begin{aligned} V_a &= \frac{1}{2} \omega \cos \left(\theta + \frac{\pi}{2} \right) \\ &= -\frac{1}{2} \omega \sin \theta = -\frac{1}{2} \omega \sin \omega t \end{aligned}$$

式中負號,表明速率向下之意. 以前所得者,自 $\left(\frac{-n\alpha'}{t} \right)$ 觀之,亦有負號. 因說明向下而略去. 彼此相較,毫無異同.

44. 交流電壓之週率

如第三十八圖 (a) 設線圈 $abcd$ 旋轉一週之時間,適為一秒,則電壓正負更迭一次,其週率 (f) 等於一. 由此以推若線圈 $abcd$ 一秒內轉 n 次,則 (f) 必等於 n . 若 n (r.p.m) (Revolutions per minute) 為一分鐘內旋轉之次數,則 (f) 等於 $n/60$.

今以交流發電機之磁極數,由一對而增至二對,一南一北,相

鄰排列如是線圈僅轉半週，可得電壓一次之變化轉全一週，電壓之變化，必為二次若線圈轉一週之時間為一秒，則電壓之週率為二若每秒內轉 n 次，則週率必等於 $2n$ 。由是可知磁極對數加倍，所得電壓之週率亦加倍，餘類推。

將上述二理合併，可得一重要公式如下：

$$f = \text{週率} \sim / \text{sec.} \quad \text{r.p.m.} = \text{每分鐘旋轉數} \quad P = \text{磁極數}$$

$$f = \frac{P}{2} \times \frac{\text{r.p.m.}}{60} = \frac{P \times \text{r.p.m.}}{120} \sim / \text{sec} \dots\dots\dots (53)$$

45. 電機度

於多極交流發電機中，線圈 $abcd$ 旋轉時，自任何 NS 之中間起，照其轉向至第二 NS 之中間止，電壓變化，適為一週，與單弦運動中， P 點旋轉一週相似。故電機工程學者，公認線圈 $abcd$ 如上述轉過之度數為 360° (或 2π)，名曰電機度 (Electrical Degrees)，與幾何學上所稱度數，完全不同，學者應注意。

46. 相角

如第三十八圖 (a)，設線圈 $abcd$ 之外，尚有他線圈 $ABCD$ 裝在同軸，角度速率相等，惟二圈之平面交角為 α ，旋轉時， $ABCD$ 在 $abcd$ 之前面，如是 t 秒後， $abcd$ 與垂直軸之交角為 θ 時， $ABCD$ 之交角必為 $\theta + \alpha$ 。自 (51) 式

$$e_a = E_m \sin(\omega t)$$

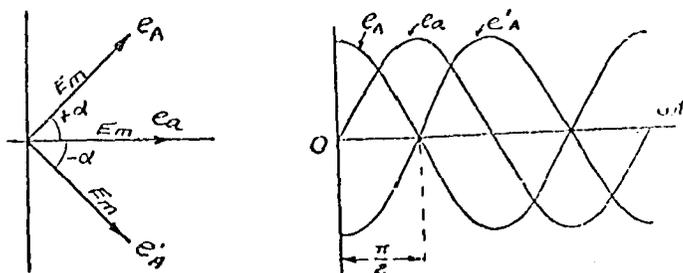
$$\text{同理} \quad e_A = E_m \sin(\omega t + \alpha) \dots\dots\dots (54)$$

α 角曰相角 (Phase Angle)。如上述情形則曰 e_A 導前 (Leads) e_a α 角，反之，若 $ABCD$ 在 $abcd$ 之後面，斯時 α 為負。

$$\therefore e'_A = E_m \sin(\omega t - \alpha) \dots\dots\dots (55)$$

故曰 e_a 滯後 (Lags) e_A α 角，導前與滯後僅為相對而言。若稱 e_A 滯後 e_a α 角時，亦可稱 e_a 導前 e'_A α 角。以 e_a, e_A 及 e'_A 矢量圖表之，可得第四十圖 (a)。故所謂相角者，即二矢量間之夾角也。如 e_a 與 e_A

之相角，則為 2α 。加以 e_a 、 e_A 及 $e_{A'}$ 繪正弦曲線而圖表之，可得第四十圖 (b)。圖中假定 α 等於 $\frac{\pi}{2}$ 。

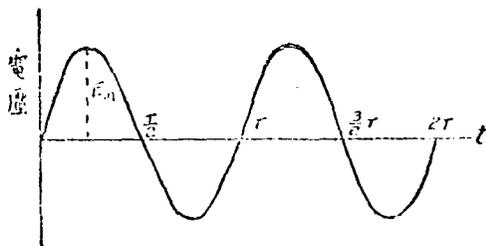


(a) 第 四 十 圖 (b)

47. 電 壓 之 平 均 值

第(52)式，不過表示任何時之電壓對於計算電機工程上應用問題，未見利便故另訂最大電壓，(E_m) (Maximum Voltage) 平均電壓 (E_{av}) (Average Voltage) 及有效電壓 (E_{eff}) (Effective Voltage) 三種名稱，以標識之，就中 E_m 最易計算，可應用(54)式而得之， E_{eff} 應用最廣普通所稱若干交流電壓者，即指此值得用交流電壓表量度，其與 E_m 之關係，俟下節論之，茲先述 E_{av} 。

以(52)式圖表之，可得第四十一圖若將其一週內電壓，正負



第 四 十 一 圖

相加而平均之適爲零故所謂平均電壓者乃半週間電壓之平均數也，參考第三十九圖 (b)，當線圈自垂直之位置轉至水平位置後，中間磁力線自 bH 而減至零，其所需時間爲 $\frac{T}{4}$ 秒或 $\frac{1}{4f}$ 秒，則每秒內，因線圈間磁力線之平均變換，而生之感應電壓，必爲電壓之平均值。

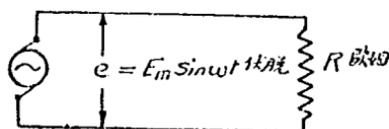
$$\therefore E_{av} = \frac{bH}{\frac{1}{4f}} \quad \text{但自 (51) 式 } E_n = bH\omega$$

$$\text{或 } \frac{E_m}{\omega} = bH$$

$$\therefore E_{av} = \frac{E_n}{\omega \cdot \frac{1}{4f}} = \frac{2E_n}{\pi} \dots\dots\dots (56)$$

48. 耗阻電路

今有電路如第四十二圖， e 爲電壓， R 爲耗阻



第 四 十 二 圖

照歐姆定律

$$i = \frac{e}{R} = \frac{E_m}{R} \sin \omega t \dots\dots (\text{安培}) \dots\dots (57)$$

設其最大値爲 I_m 則

$$I_m = \frac{E_m}{R} \dots\dots (\text{安培}) \dots\dots (58)$$

$$i = I_m \sin \omega t \dots\dots (\text{安培}) \dots\dots (59)$$

e 與 i 爲同相 (In phase)，因其週率同而無相差角故也。交流亦有三種不同之值，其表示法與表示電壓者相似，即最大 (I_m) 平均 (I_{av}) 及有效 (I_{eff} 或 I) 交流等，普通所謂交流若干者，即其有效值，得以交流安培表量度之， I_{av} 之值，得照 (56) 式推演之如下：—

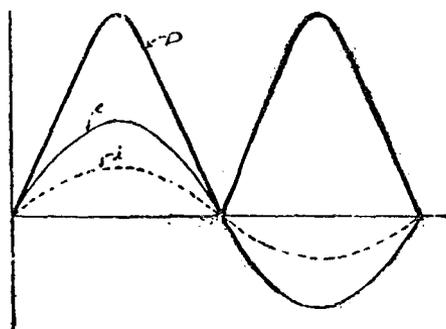
$$I_{\text{eff}} = \frac{2I_m}{\pi} \dots\dots\dots (\text{安培}) \dots\dots\dots (60)$$

49. 耗阻電路之電工率

電工率為 e 與 i 之相乘積。設其值為 p 則如第四十二圖電路：

$$\begin{aligned} p &= ei = I_m E_m \sin^2 \omega t \\ &= \frac{E_m^2}{R} \sin^2 \omega t = I_m^2 R \sin^2 \omega t \\ &= \frac{RI_m^2}{2} - \frac{RI_m^2}{2} \cos 2\omega t \dots\dots\dots (\text{瓦特}) \dots\dots\dots (61) \end{aligned}$$

p 以 $\sin^2 \omega t$ 為函數。 $\sin^2 \omega t$ 恆為正值，故電工率亦為正值。且自 (61) 式觀之， p 有二項，一為 $\frac{RI_m^2}{2}$ ，一為 $\frac{RI_m^2}{2} \cos 2\omega t$ 。第二項之平均值恆為零（凡正弦或餘弦函數之平均值恆為零），故曰此種電路內之平均電工率，為 $\frac{RI_m^2}{2}$ （瓦特），亦即電工率之為耗阻 R 所吸收者也。化為熱能、光能或放射為其他能力，或成功用，或成損失。以上述各式圖表之，得第四十三圖。



第 四 十 三 圖

例題 設某電路之最大電壓為 110 伏脫，耗阻為 10 歐姆，求 I_m 及電工率之值。

$$(解) \quad I_m = \frac{E_m}{R} = \frac{110}{10} = 11 \text{ (安培)}$$

$$P = \frac{RI_m^2}{2} = \frac{10 \times 121}{2} = 5 \times 121 = 605 \text{ 瓦特}$$

50. 交流及電壓之有效值

所謂交流或交流電壓之有效值者，即以相當之直流電壓，接至如第四十二圖之電路 R 上，得吸收同樣電功率也。換言之：即交流或直流電壓之相當值。設其相當值為 I 及 E 則

$$RI^2 = R \frac{I_m^2}{2} \text{ 或 } \frac{E^2}{R} = \frac{E_m^2}{2R}$$

$$\therefore I = I_{eff} = \sqrt{\frac{I_m^2}{2}} \dots\dots\dots \text{(安培)} \dots\dots (62)$$

$$E = E_{eff} = \sqrt{\frac{E_m^2}{2}} \dots\dots\dots \text{(伏脫)} \dots\dots (63)$$

普通所謂交流或電壓而無附帶說明者，均指有效值故為便利計 I_{eff} 及 E_{eff} 均以 I 及 E 代表之。

例題 設某電路之交流電壓為 $e = 110\sin 377t$ (伏脫)，有耗阻 10 歐姆，求交流三種之值。

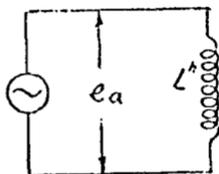
$$(解) \quad I_m = \frac{E_m}{R} = \frac{110}{10} = 11 \text{ (安培)}$$

$$I_{av} = \frac{2}{\pi} I_m = \frac{2 \times 11}{\pi} = 7.00 \text{ (安培)}$$

$$I = \sqrt{\frac{I_m^2}{2}} = \frac{11}{1.41} = 7.8 \text{ (安培)}$$

51. 自感量電路

若以線圈調第四十二圖中之耗阻，變成第四十四圖，則情形



第四十四圖

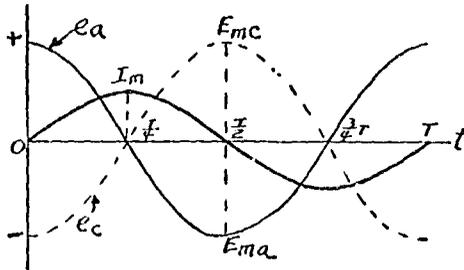
大異。蓋交流入線圈時，即發生磁場，因交流依時而變，磁場強度亦變。於是自感應之理發生電壓。此電壓 (e_s) 與接入電壓 (e_a) 如動力與反動力，適相

等而相反。設第四十四圖中線圈自感量為 L 亨利，則自第二章第 30 節得 (64) 式。因 i 為正弦函數，其變化不勻，故用時變率之括弧記號。以下仿此。

$$e_c = -L \left(-\frac{i}{t} \right) \dots\dots\dots (64)$$

旁附負號，亦由林慈定律推演得之，以下將述其詳。

又設 $i = I_m \sin \omega t$ 圖表之如第四十五圖。按圖細察，當知 i 於最初發生時，由零而為若干電流，其時變率最大，故反電壓之發生亦最大，且自林慈定律， e_c 正負方向與電流方向相反，故



第 四 十 五 圖

e_c 為負，電流逐漸增加，其時變率則逐漸減少，至 $\frac{T}{4}$ 時， i 為 I_m ，其時變率為零，故 e_c 亦逐漸減少而變為零。 $\frac{T}{4}$ 後， i 逐漸減少， L 上又發生 e_c ，其正負方向與 i 同而阻止其減少，故 e_c 為正。至 $\frac{T}{2}$ 時， i 由若干電流而變為零，其時變率最大，故 e_c 亦最大。將上說推廣，得 e_c 曲線之其他部分，如圖中所示。且自 (46) 節所述， e_c 滯後電流 $\frac{\pi}{2}$ 角，因 e_c 與 i 相等而相反，故 e_c 導前電流之相角為 $\frac{\pi}{2}$ 。其曲線如圖中所示。

今應用 (64) 式，依數理以推證 e_c 與 i 之關係如次：---

$$\text{令 } i = I_m \sin \omega t$$

以 i 代入 (64) 式得 $e_c = -L \left(-\frac{I_m \sin \omega t}{t} \right)$

$$\begin{aligned} \text{自第38節(43)式} \quad \therefore e_c &= -LI_m \omega \cos \omega t \\ &= -LI_m \omega \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) \\ \therefore e_c &= -e_r \end{aligned}$$

$$\therefore e_r = LI_m \omega \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) \dots \dots \dots (65)$$

$$\therefore E_{m,r} = I_m L \omega \dots \dots \dots (66)$$

$$\text{或 } I = \frac{E}{L\omega} \dots \dots \dots (67)$$

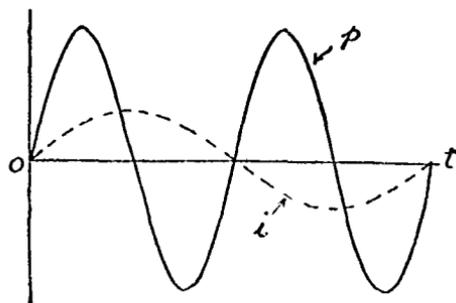
以 (65) 式與 i 方程式相較, e_r 導前 i $\frac{\pi}{2}$ 之說, 更屬顯然. (67) 式中 $L\omega$ 曰磁感週阻 (Inductive Reactance) 其單位亦為歐姆, 普通以 X_L 代表之. 磁感週阻有節制交流在電路內通行之影響, 情形與耗阻相似.

52. 自感量電路中之電工率

設電工率為 p , 則

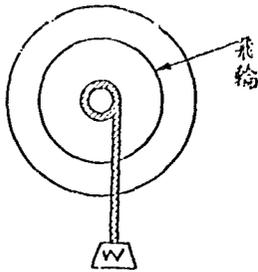
$$\begin{aligned} p &= e_r i = I_m \sin \omega t \cdot E_m \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) \\ &= \frac{I_m E_m}{2} \sin 2 \omega t \quad (\text{瓦特}) \dots \dots \dots (68) \end{aligned}$$

用圖表法, 將第四十五圖中, e_r 與 i 之相當值, 相乘而圖表之, 可得第四十六圖之電工率曲線. 二圖相較可知 i 為一週之變化



第 四 十 七 圖

時, p 有二週之變化故 p 之週率, 爲 i 週率之二倍, 參考 (68) 式此說更屬顯然, 且 p 亦爲正弦曲線, 其平均值爲零, 是即線圈一時吸收電能, 而變爲磁能 (Magnetic Energy), 一時將吸收者放過, 合言之



第四十八圖

無得失, 故平均電工率等於零。其一收一放之理, 可以第四十八圖爲喻: 飛輪軸上繞有藤繩, 繩端繫有重物 W , W 之位置能力與電壓相當, 飛輪與 L 相當, 飛輪之旋轉速率與 I 相當, 當 W 向下運動時, 因藤繩之繞, 使飛輪旋轉, 飛輪即貯有運動能力。

是猶交流入 L , 而 L 貯有磁能也。及藤繩盡止, 飛輪因慣性關係, 繼續旋轉, 將藤繩反繞, 作工於 W , 使之提高, 於是飛輪之運動能力, 慢慢消失, 傳於 W , 至不轉而止。是猶電流減少, L 內之磁能, 逐漸放過而變成電能也。飛輪由靜而動而再靜, 由 W 所得來之運動能力, 仍還於 W , 毫無得失, 是猶 L 內磁能之一貯一放, 不吸收任何電工率也。但事實上線圈必有耗阻, 既有耗阻必有損失, 是猶飛輪之軸, 與軸之支點間, 必有阻力, 因此阻力, W 上下運動時, 恆有損失。

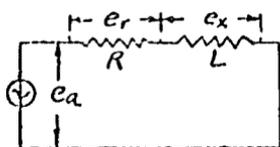
例題 一電路中之電壓爲 110 伏脫, 週率爲 60, 自感量爲 $\frac{10}{377}$ h, 求交流 (I)。

$$(\text{解}) \quad L\omega = 2\pi fL = 3.14 \times 60 \times \frac{10}{377} \times 2 = 10 \text{ (歐姆)}$$

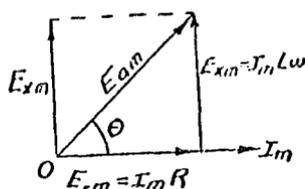
$$I = \frac{E}{L\omega} = \frac{110}{10} = 11 \text{ (安培)}$$

53. 耗阻與自感量之串聯電路

今以耗阻 (R) 及自感量 (L), 串聯之, 如第四十九圖, (a)



第四十八圖



第四十九圖

凡串聯電路內之交流必相等，RL均有電壓降(Voltage Drop)，故電壓 e_a 得分二部，一為 e_r 即R兩端之電壓降，一為 e_x 即L兩端之電壓降。

設 $i = I_m \sin \omega t$

則 $e_r = iR = RI_m \sin \omega t \quad \therefore E_{r,m} = RI_m$

又自(65)式 $e_x = L\omega I_m \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) \therefore E_{x,m} = L\omega I_m$

以 e_r 及 e_x 用矢量圖表之，可得如第四十九圖，但 e_r 及 e_x 之矢量和必為 e_a ，令 e_a 最大值為 $E_{a,m}$ ，如圖得

$$E_{a,m}^2 = E_{x,m}^2 + E_{r,m}^2 = I_m^2 L^2 \omega^2 + I_m^2 R^2$$

$$\therefore E_{a,m} = I_m \sqrt{R^2 + L^2 \omega^2} \dots (\text{伏脫}) \dots \dots \dots (69)$$

$$\text{或 } I_m = \frac{E_{a,m}}{\sqrt{R^2 + L^2 \omega^2}} \dots (\text{安培}) \dots \dots \dots (70)$$

$$\text{其有效值爲 } I = \frac{E_a}{\sqrt{R^2 + L^2 \omega^2}} \dots (\text{安培}) \dots \dots \dots (71)$$

$$e_a \text{ 及 } i \text{ 之相角差爲 } \theta \cdot \cos \theta = \frac{R}{\sqrt{R^2 + L^2 \omega^2}} \dots \dots \dots (72)$$

$$\text{故 } e_a \text{ 之方程式爲 } e_a = E_{a,m} \sin(\omega t + \theta) \dots \dots \dots (73)$$

51. 電工率因數

耗阻消失電工率，而自感量不消失電工率之說已如前述，故如第四十八圖電路中之電工率P，必為 $I^2 R$ 。

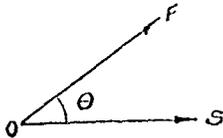
$$\text{即 } P = I^2 R$$

$$\text{或 } = IE$$

$$P = EI \cos \phi \dots\dots\dots (\text{瓦特}) \dots\dots\dots (74)$$

前式中之 $\cos \phi$ 專名之曰電工率因數 (Power Factor) 縮寫為 P. F. 故所謂電工率因數者即交流與電壓間相角差之餘弦函數也。

$P = E_a I \cos \phi$ 之理, 可以下例為驗, 如第五十圖, 設作用於 O 之力為 OF 磅, O 之行程為 OS 呎, 因 OF 與 OS 不同向, 於力學上已證明: 工作 (Work Done) = OF $\cos \phi$ OS $\dots\dots\dots$ (呎磅)



第 五 十 圖

此間發生真正工作者, 為 OF 沿 OS 之分力及 OS 之積, 實與前述電路中之電工率為 $E_a \cos \phi$ 與 I 之積相當。

例題 交流串聯電路中之耗阻為 10 歐姆感成迴阻亦為 10 歐姆, 電壓為 110 伏脫, 求交流電工率及電工率因數。

(解) $I = \frac{110}{\sqrt{10^2 + 10^2}} = \frac{110}{10\sqrt{2}} = 7.8 \dots\dots\dots (\text{安培})$

P. F. = $\cos \phi$

$\tan \phi = \frac{I_w}{R} = \frac{10}{10} = 1$

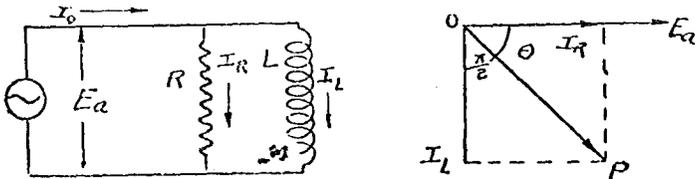
$\therefore \phi = 45^\circ$

$\therefore \text{P. F.} = \cos 45^\circ = .707$

$P = EI \cos 45^\circ = 110 \times 7.8 \times 0.707 = 606 (\text{瓦特})$

55. 耗阻與自感量之並聯電路

今以 R 及 L 並聯之, 如第五十一圖 (a), 為便捷計, 圖中所示,



(a) 第 五 十 一 圖 (b)

均爲有效值，且此種問題，用矢量圖表法解之，更爲簡便。因 R 及 L 兩端所接之電壓，均爲 E_s ，得以 E_s 爲備考線，如第五十一圖 (b)， I_R 與 E_s 同相，故 I_R 矢量必與 E_s 相合，取相當單位作 I_R ， I_L 滯後 E_s 之相角爲 $\frac{\pi}{2}$ ，如 I_R 之單位作 I_L ， I^0 爲 I_R 及 I_L 之矢量和，作對角線 OP ，即 I_s 之值，如圖

$$I_s^2 = I_R^2 + I_L^2$$

自 (58) (62) (67) 三式，得 $I_s = E_s \sqrt{\frac{1}{R^2} + \frac{1}{L^2 \omega^2}} \dots$ (安培)..... (75)

$$P = E_s I_s \cos \phi = E_s I_s \cos \phi \dots \dots \dots \text{(瓦特)} \dots \dots \dots (76)$$

$$P.F. = \cos \phi = \frac{I_R}{\sqrt{I_R^2 + I_L^2}} \dots \dots \dots (77)$$

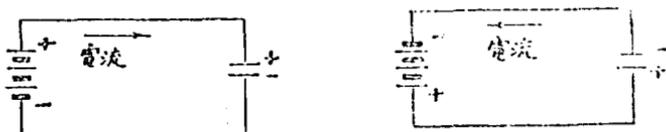
例題 如第 (54) 節之例題，將 R 及 L 並聯後求其交流

$$\text{(解)} \quad I_R = \frac{110}{10} = 11^A \quad I_L = \frac{110}{10} = 11^A$$

$$\therefore I_s = \sqrt{I_R^2 + I_L^2} = 11\sqrt{2} = 15.5^A$$

56. 交流電路內之電容器

如第五十二圖 (a)，將電池之二極，接至電容器 (C) 之二端，於極短時間，電流自蓄電池而 C，遂漸減少，至 C 中所蓄電量等於 QE 而止。(參考二章第 22 節)。

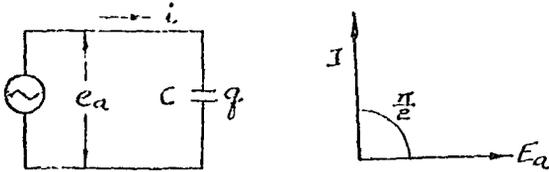


(a) 第五十二圖 (b)

若將蓄電池之正負極相反，則電容器上之電壓與蓄電池之電壓，成串聯，使電容器放電。放電終了，電容器又依蓄電池電壓之正負而積電，如第五十二圖 (b)。今用交流電壓接入，因其正負自動變換，於是電容器有時積電，有時放電，交流得往復不斷，而二者之週率亦相同，故電容器於交流電路中，能使交流在電路內，永久通行，不若在直流電路中，不使直流永久通行也。

57. 電 容 量 電 路

今以電容量 C (法拉特), 接成電路如第五十三圖 (a).



(a) 第 五 十 三 圖 (b)

設 $e_a = E_n \sin \omega t$ (伏脫)

則 $q = C e_a = C E_n \sin \omega t \dots\dots$ (庫倫).....(78)

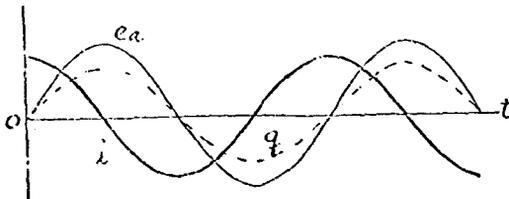
自第二章第11節 $i = \left(\frac{q}{t} \right) = C E_n \left(\frac{\sin \omega t}{t} \right)$

自(46)式 $\therefore i = C \omega E_n \cos \omega t$
 $= C \omega E_n \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) \dots\dots$ (安培).....(79)

或 $I = C \omega E = \frac{E}{\frac{1}{C \omega}} \dots\dots$ (安培).....(80)

(80) 式中 $\frac{1}{C \omega}$ 曰電容週阻 (Capacitive Reactance), 單位亦為歐姆, 普通以 X_c 代表之。此電容週阻, 亦有節制交流在電路內通行之影響, 情形與磁感週阻及耗阻相似。

以 i 與 e_a 相較, 可知 i 導前 e_a 之相角為 $\frac{\pi}{2}$, 故其矢量圖表當如第五十三圖 (b), 作第五十四圖。因 e_a 與 q 為同相, 故其正弦曲

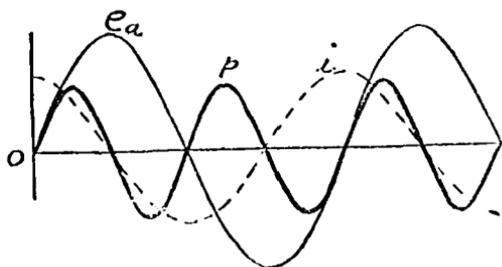


第 五 十 四 圖

線如圖所示， i 為 q 之時變率， q 在 0 秒時，變化最大，於是逐漸減小，至 $\frac{T}{4}$ 秒時，而無變化，故 i 由最大而零，自 $\frac{T}{4}$ 至 $\frac{T}{2}$ ， q 之變化，由零而最大，故 i 亦由零而最大，以前說推演，得 i 曲線，至 i 導前 $\frac{\pi}{2}$ 之說，自第五十四圖觀之，更屬顯然。

58. 電容量電路內之電工率

如第 56 節所述，當電容器接有交流電壓後，有時積電，有時放電，當積電時，電容器即蓄貯電能，及放電時將蓄貯者放迴，合言之，電容器無電能之吸收，電路無電工率之損失，故曰電容量電路內之電工率為零，其正弦曲線圖表，如第五十五圖，與第五十三圖 (b) 合觀之，電容量電路，無電工率損失之說，不釋自明。



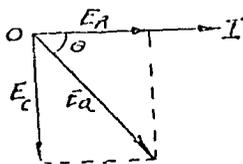
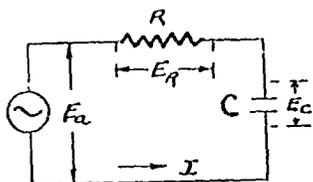
第 五 十 五 圖

第五十五圖 p (電工率) 之週率，亦為電壓 (e_a) 週率之二倍，學者試自正弦方程式而證明之。

解釋電容器者，恆以彈簧之彈性 (Elasticity) 為喻，例如門之裝有彈簧者，當開門時，彈簧受外力之作用，因壓迫而貯有位置能力，是猶電容器兩端接以電壓而貯有電能也，開門者去，外力除而彈簧伸張 (或縮小視彈簧之裝置而定)，將貯有之位置能力放迴，作工於門，使門合閉，是猶電壓之正負更迭，使電容器放電也。

59. 耗阻與電容量之串聯電路

今以耗阻R, 電容量C, 串聯之如第五十六圖(a), 經過R及C之I相等故用矢量圖表法解演此種問題時, 可以I為備考線, E_r與I同相故E_r矢量與I相合作E_r, I導前E_c $\frac{\pi}{2}$ 作E_c 垂直於I.



(a) 第五十六圖 (b)

如圖 $\vec{E}_a = \vec{E}_r + \vec{E}_c \quad \therefore E_a^2 = E_r^2 + E_c^2$

自(78), (63), (80)三式 $\therefore E_a = I \sqrt{R^2 + \frac{1}{(C\omega)^2}}$ (伏脫)...(81)

或 $I = \frac{E_a}{\sqrt{R^2 + \frac{1}{(C\omega)^2}}}$ (安培)(82)

又 $P = EI \cos\phi = E_a I \cos\phi$ (瓦特)(83)

$\therefore \cos\phi = \frac{RG\omega}{\sqrt{RG^2\omega^2 + 1}}$ (84)

例題 如第五十六圖(a) R為10歐姆, E_a為110伏脫, C之電容週阻為5歐姆, 求交流電工率及電工率因數.

(解) $I = \frac{110}{\sqrt{10^2 + 25}} = \frac{110}{11.2} = 9.83$

P.F. = $\cos\phi = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X_c^2}} = \frac{10}{11.2} = 0.89$

$P = EI \cos\phi = 110 \times 9.83 \times 0.89 = 960$ 瓦特

因電容週阻不消失電工率, 消失電工率者僅為耗阻故電工率亦

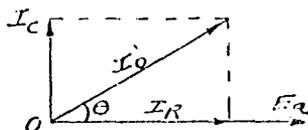
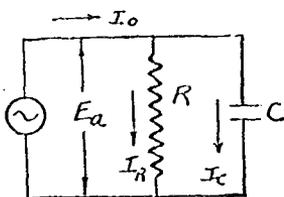
得自 FR 式計算之,即

$$P = FR = 9.83^2 \times 10 = 960 \text{ (瓦特)}$$

與前得者相較,完全相等.

60. 耗阻與電容量之並聯電路

今以 R 與 C 並聯之如第五十七圖 (a). 以 E_a 爲備考線作矢量圖表如第五十七圖 (b).



(a) 第五十七圖 (b)

如圖 $\vec{I}_0 = \vec{I}_R + \vec{I}_C$ $\therefore I_0 = \sqrt{I_R^2 + I_C^2}$

自 (58) (62) (80) 三式 $\therefore I_0 = E_a \sqrt{\frac{1}{R^2} + C^2 \omega^2}$... (安培) (85)

$P = I_0 E_a \cos \theta$ (瓦特) (86)

$\cos \theta = \frac{1}{\sqrt{1 + RC^2 \omega^2}}$ (87)

例題 如第 59 節例題而並聯之,試求 I, P 及 P. F.

(解) $I_R = \frac{110}{10} = 11\text{A}$ $I_C = \frac{110}{5} = 22\text{A}$

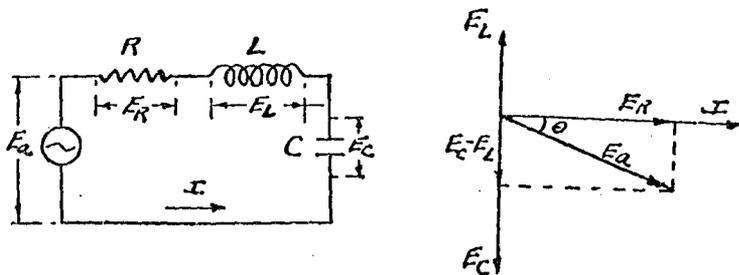
$\therefore I_0 = 11 \sqrt{1 + 4} = 11 \sqrt{5} = 24.65\text{A}$

P. F. = $\frac{I_R}{I_0} = \frac{1}{\sqrt{5}} = 0.446$

$P = 11 \sqrt{5} \cdot 110 \times \frac{1}{\sqrt{5}} = 1210 \text{ (瓦特)}$

61. 耗阻,自感量及電容量之串聯電路

今以 RLC 三者串聯之如第五十八圖 (a), I 均相等, I 與 E_R 同相



(a) 第五十八圖 (b)

I 滯後 $E_C - \frac{\pi}{2}$, I 超前 $E_L - \frac{\pi}{2}$, 以 I 為備考線而圖表之, 得第五十八圖 (b), 如圖

$$\overline{E_a} = \overline{E_R} + \overline{E_L} + \overline{E_C} \quad \therefore E_a^2 = E_R^2 + (E_C - E_L)^2$$

自 (58) (62) (67) (80) 四式

$$\therefore E_a = I \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{C\omega} - L\omega\right)^2} \dots\dots\dots \text{(伏脫)} \dots\dots\dots (88)$$

$$\text{或 } I = \frac{E_a}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{C\omega} - L\omega\right)^2}} \dots\dots\dots \text{(安培)} \dots\dots\dots (89)$$

$$P = IE_a \cos\theta \dots\dots\dots \text{(瓦特)} \dots\dots\dots (90)$$

$$\cos\theta = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{C\omega} - L\omega\right)^2}} \dots\dots\dots (91)$$

(89) 式中 $\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{C\omega} - L\omega\right)^2}$ 或 $\sqrt{R^2 + (X_C - X_L)^2}$ 曰 總阻 (Impedance) 單位亦為歐姆縮寫為 Z , 如第五十八圖 (b), 因 E_C 大於 E_L , 故總阻為 $\frac{1}{C\omega} - L\omega$, 若 E_L 大於 E_C , 則總阻當為 $L\omega - \frac{1}{C\omega}$, 學

者公認 $L\omega$ 恆為正, $\frac{1}{C\omega}$ 恆為負, 故總迴阻恆為 $(L\omega - \frac{1}{C\omega})$ 。當總迴阻等於正值時, 為感性, 是即 E_L 大於 E_C ; 等於負值時, 為電容性, 是即 E_C 大於 E_L 。故照標準記法, (89) 式當為:—

$$I = \frac{E}{\sqrt{R^2 + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2}} \dots\dots\dots (\text{安培}) \dots\dots\dots (92)$$

例題 如第五十八圖 (a) 電路中 $E = 220$ 伏脫, $f = 60$ 週/秒, $R = 10$ 歐姆, $L = \frac{1}{377} \text{h.}$, $C = \frac{2}{377} \text{f.}$, 求交流及電工率因數。

(解) $f = 60 \quad \therefore \omega = 2\pi f = 2 \times 3.14 \times 60 = 377$

$$L\omega = \frac{1}{377} \times 377 = 1 \quad \frac{1}{C\omega} = \frac{1}{\frac{2}{377} \times 377} = \frac{1}{2} = 0.5$$

$$I = \frac{E}{\sqrt{R^2 + (\frac{1}{C\omega} - L\omega)^2}} = \frac{220}{\sqrt{10^2 + (0.5 - 1)^2}} = \frac{220}{\sqrt{100 + 0.25}} = 22 \text{ (安培)}$$

$$\cos \theta = \frac{10}{\sqrt{100.25}} \doteq 1 \quad \therefore \theta \doteq 0^\circ \text{ (等號上一點, 表明相近之意)}$$

62. 串聯諧振

如第五十八圖 (a) R 不變, 而變換 L 或 C , 使 $(X_C - X_L)$ 逐漸減少, 則按第 (89) 式, I 必逐漸加大, 至 $(X_C - X_L)$ 等於零時, I 為最大, 情形若此, 專稱曰交流電路之串聯諧振 (Series Resonance)。無線電學中所謂配諧者, 即求此情形也。欲適合此情形有下列三法:—

- | | | |
|---|---|------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. C 及 ω 不變而變 L 2. L 及 ω 不變而變 C 3. C 及 L 不變而變 ω | } | 無線電傳訊術中, 第二法為最普通 |
|---|---|------------------|

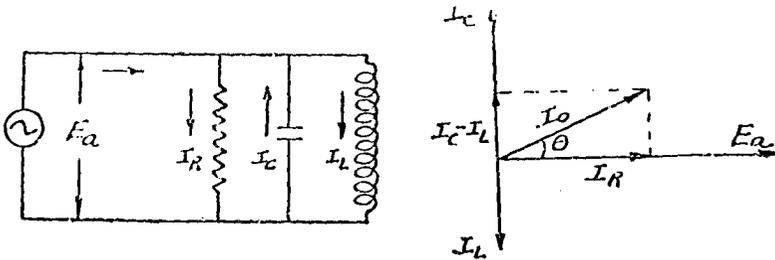
串聯諧振之條件為:

$$X_L - X_C = 0$$

$$\text{即} \quad L\omega = \frac{1}{C\omega} \dots\dots\dots (93)$$

63. 耗阻,電容量及自感量之並聯電路

今以 RCL 並聯之,如第五十九圖 (a), E_a 均等, E_a 與 I 同相, I_C 超前 $E_a - \frac{\pi}{2}$, I_L 滯後 $E_a - \frac{\pi}{2}$, 以 E_a 為備考線而矢量圖表之,得第五十九圖 (b).



(a) 第五十九圖 (b)

如圖 $\vec{I} = \vec{I}_R + \vec{I}_C + \vec{I}_L \quad \therefore I^2 = \sqrt{I_R^2 + (I_C - I_L)^2}$

自 (58) (62) (67) (80) 四式

$$\therefore I_0 = E \sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(R\omega - \frac{1}{L\omega}\right)^2} \dots\dots (\text{安培}) \dots\dots (94)$$

$$P = E_0 I_0 \cos\theta \dots\dots (\text{瓦特}) \dots\dots (95)$$

$$\cos\theta = I/R \sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(C\omega - \frac{1}{L\omega}\right)^2} \dots\dots (96)$$

照標準記法 (94) (96) 二式中之 $C\omega$ 與 $\frac{1}{L\omega}$ 位置均應對調。

例題 於第五十九圖 (a) 中,已知 R 為 100 歐姆, L 為 5h, C 為 10 μ f (兆分法拉特), E_a 為 110 伏脫, f 為 50 週/秒,求交流並矢量圖表之。

(解) $I_R = \frac{110}{100} = 1.10^a \quad X_L = L\omega = 0.5 \times 2\pi \times 50 = 157$

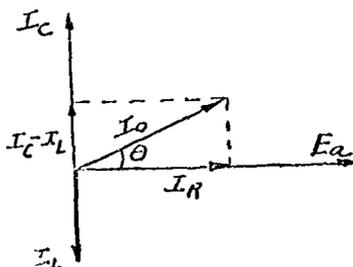
$$\therefore I_L = \frac{110}{157} = 0.7^a$$

$$I_c = C\omega E = 1100 \times 10^{-6} \times 3.14 = .345a$$

$$I = \sqrt{1.1^2 + (0.7-.345)^2} = \sqrt{1.21 + 0.126} = 1.156 \text{ (安培)}$$

以矢量圖表之,如

第五十九圖 C.



第五十九圖 C

64. 並聯諧振

若將第五十九圖(a)之R不變而變C或L使 $C\omega$ 等於 $\frac{1}{L\omega}$,則I之值為最小情形若此,專稱曰交流電路之並聯諧振(Parallel Resonance),其諧振條件,與前述之串聯諧振相同,無線電路(Radio Circuit)中之配諧電路(Tuning Circuit),大都為並聯諧振,求並聯諧振之方法與求串聯諧振之方法無異。

例題 於第五十九圖(a)中已知R為100歐姆,L為0.5h.,C為10μf,E,為110,f為50,求交流.若以C變換,問C為何值時,始成並聯諧振?

(解) $R = 100 \quad \omega = 2\pi f = 3.14 \times 50 \times 2 = 314$

$$\frac{1}{L\omega} = \frac{1}{0.5 \times 314} = \frac{1}{157} = 0.00638$$

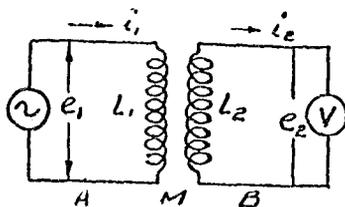
$$C\omega = 10 \times 10^{-6} \times 314 = .00314$$

$$I = 110 \sqrt{\frac{1}{10000} + (.00314 - .00638)^2} = 1.165a$$

$$\text{因 } L\omega = \frac{1}{C\omega} \therefore C = \frac{1}{L\omega^2} = \frac{1}{0.5 \times 314^2} = \frac{1}{49000} = 20.5\mu f$$

65. 互感量電路

今有 AB 二電路毗鄰而列,如第六十圖各有自感量 L_1 及 L_2



第 六 十 圖

L_1 及 L_2 間之互感量為 M ,因 M 關係,於 B 電路內得有感應電壓 e_2 ,

自第二章第32節
$$e_2 = -M \left(\frac{i_1}{t} \right)$$

右邊負號與以前 $e_2 = -L_2 \left(\frac{i_2}{t} \right)$ 式中之負號,有同樣意義。

設 $i_1 = I_{m1} \sin \omega t$

$\therefore e_2 = -M \omega I_{m1} \cos \omega t$

$$= M \omega I_{m1} \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right) \dots \dots \dots (\text{伏脫}) \dots \dots \dots (97)$$

$\therefore E_2 = M \omega I_1 \dots \dots \dots (\text{伏脫}) \dots \dots \dots (98)$

可知 i_1 導前 $e_2 \frac{\pi}{2}$,但 e_1 導前 i_1 亦為 $\frac{\pi}{2}$,故 e_1 導前 $e_2 \pi$,適成反相。

$M \omega$ 曰互感週阻,其單位亦為歐姆。

例題 如第六十圖 A 電路之交流為 10 安培週率為 50, A 與 B 之互感量為 0.01 亨利,求 B 電路之電壓。

(解)
$$E_2 = I M \omega \quad \omega = 2 \pi f = 314$$

$$\therefore E_2 = 10 \times 0.01 \times 314 = 31.4 \text{ 伏脫}$$

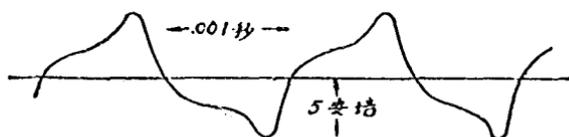
66. 公式摘要

電 路	交 流 (I)	電 工 率 (P)	電 工 率 因 數
R	E_a/R	$I^2 R$	I
L	$E_a/L\omega$	0	0
R, L 串 聯	$E_a/\sqrt{R^2+L^2\omega^2}$	$I^2 R$	$R/\sqrt{R^2+L^2\omega^2}$
R, L 並 聯	$E_a\sqrt{\frac{1}{R^2}+\frac{1}{L^2\omega^2}}$	$E_a I_0 \cos\theta$	$L\omega/\sqrt{R^2+L^2\omega^2}$
C	$C\omega E_a$	0	0
R, C 串 聯	$E_a/\sqrt{R^2+\left(\frac{1}{C\omega}\right)^2}$	$I^2 R$	$RC\omega/\sqrt{R^2C^2\omega^2+1}$
R, C 並 聯	$E_a\sqrt{\frac{1}{R^2}+C^2\omega^2}$	$I_0 E_a \cos\theta$	$I/\sqrt{1+R^2C^2\omega^2}$
R, L, C 串 聯	$E_a/\sqrt{R^2+\left(L\omega-\frac{1}{C\omega}\right)^2}$	$I E_a \cos\theta$	$R/\sqrt{R^2+\left(L\omega-\frac{1}{C\omega}\right)^2}$
R, L, C 並 聯	$E_a\sqrt{\frac{1}{R^2}+\left(\frac{1}{L\omega}-C\omega\right)^2}$	$I_0 E_a \cos\theta$	$I/R\sqrt{\frac{1}{R^2}+\left(\frac{1}{L\omega}-C\omega\right)^2}$
迴 阻	磁 感 迴 阻 $X_L = L\omega$		
	電 容 迴 阻 $X_C = 1/C\omega$		
	互 感 迴 阻 $X_M = M\omega$		
Z (總 阻) $= \sqrt{R^2+\left(L\omega-\frac{1}{C\omega}\right)^2}$			
$\omega = 2\pi f$			
諧 振 條 件: $LC\omega^2 = 1$			

67. 非正弦式之交流

以前所論各種交流或交流電壓之式樣均為正弦式，其分析計算之理，均以正弦函數為根據，事實上交流發電機所產生之電壓及交流，皆非純為正弦式，而無線電流之不成正弦式為更甚，如第六十一圖乃交流之經過喇叭者也，此種交流，論其按時變換之情形，與正弦曲線相似；論其全部所成之狀態，與正弦曲線相異，但依數理分析或析波器（Wave Analyzer）詳細研究之，實由若干正弦式之交流混合而成，其近似算式如下：—

$$i = 3.5\sin 2\pi 1000t + 2\sin\left(2\pi 3000t - \frac{\pi}{6}\right) + 1\sin 2\pi 5000t \text{ (安培)}$$



第 六 十 一 圖

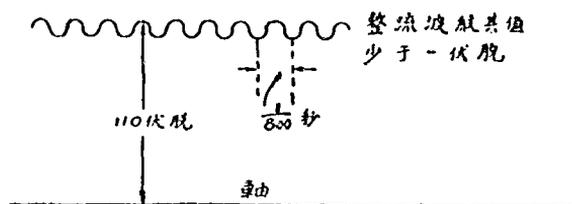
細察上式，得知此種交流包含 1000 為週率之最大交流 3.5 安培，3000 為週率之最大交流 2 安培，5000 為週率之最大交流 1 安培。學者稱 1000 曰基本週率（Fundamental Frequency），3000 曰三次週率（3rd Harmonic Frequency），5000 曰五次週率（5th Harmonic Frequency）。循是以推，任何式樣之交流，皆得分析為若干正弦式之交流，其週率自基本起，至二次，三次，四次等等，其最大交流，以次遞減，若基本週率之最大交流與次週率之最大交流相差極大時，次週率之交流，得省略不計。

真空管發報機所產生之無線電流，除基本週率者外，次週率

者更為繁多，故發報波長有所謂二次，三次等等波長者以此也。

68. 顫動電流或電壓 (Pulsating Current or Voltage)

直流電壓之由電池供給者，近於定位，持久不變。惟由直流發電機供給者，因有整流環 (Commutator)，其值顫動不定，其式樣如第六十二圖，不定現象，雖不能用普通伏脫表測驗，惟用於無線電



第 六 十 二 圖

接收機，得聞營營之聲。此種電壓或電流專稱曰顫動電壓或顫動電流。凡顫動電壓之如第六十二圖者，其算式如下：——

$$e = 110 + 1 \sin 2\pi 80 t \quad (\text{伏脫})$$

上式中，除 110 伏脫之純粹直流電壓外，尚含有 80 為週率之交流電壓，專稱曰整流波紋 (Commutation Ripple)，其值雖微，然用於收音機或播音機後之影響甚大，當用濾波器（參考第五章濾波器節）以消除之。又交流之經過整流器者，亦成顫動電流，其顫動情形較第六十二圖所示者為尤甚，當俟第九章續論之。

習 題

1. A 點在直線上為單弦運動，其最大振距為 50m，週率為 10 週/秒，問 $\frac{1}{120}$ 秒後，A 之振距為若干？並求此時 A 點之速率。
2. 解說： a. 週率 b. 週期 c. 電機度

3. 求下列各電壓之矢量和

$$e_1 = 4 \sin \omega t \quad (\text{伏脫})$$

$$e_2 = 3 \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) \quad (\text{ " })$$

$$e_3 = 2 \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{4} \right) \quad (\text{ " })$$

$$e_4 = 2 \sin \left(\omega t - \frac{3\pi}{4} \right) \quad (\text{ " })$$

問矢量和後之有效電壓爲若干?

4. 已知 $\theta = \frac{\pi}{6}$, $R = 10 \text{ Ohm}$, $\omega = 0.1$ 弧度/秒, 試求速率.

5. 何謂某值之時變率? 若其值爲定值時, 其時變率爲若干?

6. 如某值依時之變化, 爲定數時, 其時變率是否爲定值, 並與其平均值, 是否有異同?

7. 若二旋轉矢量之角度速率, 不相等, 求其和較時, 是否可用並行四邊形對角線法?

$$8. \quad y_1 = 5 \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{3} \right) \quad y_2 = 10 \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right)$$

求 y_1 與 y_2 之和及較, 並矢量圖表之.

9. 試就 $e = 100 \sin \left(377t - \frac{\pi}{2} \right)$ 式內, 將各項名詞寫出, 並計算其數值. (注意單位)

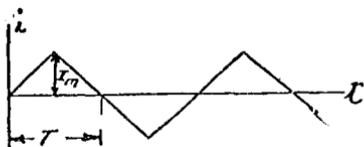
$$10. \quad e_1 = 10 \sin 2\pi ft$$

$$e_2 = 20 \sin \left(2\pi ft - \frac{\pi}{3} \right)$$

求 $\overline{e} = \overline{e_1} + \overline{e_2}$ 之方程式, 並繪三電壓之矢量圖.

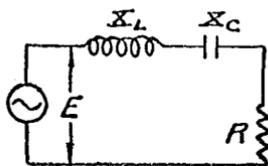
11. (a) 有效電流之定義如何?

(b) 某交流之形式如下圖, 試求其平均值.



12. 某 A, B, 發電機有磁極 16 對, 旋轉速率為 3000 R. P. M.
 (a) 求電壓之週期 (b) 設電壓最大值为 1600v, 求經過 $\frac{1}{950}$ 秒時之電壓。
13. $E_1=80$ $E_2=150$ 串聯於某電路, E_1 導前 E_2 60° , 求總電壓及其滯後於 E_1 之相角, (用算式計算或繪圖求出均可)
14. 100 伏脫之 A. C. 電壓, 接於一線圈上, 得 2 安培之電流, 假定線圈之 $R=0$, 電壓之週率為 60 週/秒, 求線圈之自感量。
15. 一 60 週/秒之電壓, 接於一 $L=\frac{3}{377}$ h., $R=4$ 歐姆之線圈上, 求
 (a) 電流滯後於電壓之相角, (b) 作正弦曲線及矢量圖表以示電壓與電流之相角關係。
16. 何謂相角, 試舉例繪圖以說明之?
17. 試說明磁感量電路內之電流滯後電路內已有之電壓 90° 。
18. 試說明電容量電路內之電流, 導前電路內已有之電壓 90° 。
19. 試證 $X_L = 2\pi f L$
20. 某電路適為串聯諧振, 其中 $L = 0.0002$ h., $C = 0.00045$ f, 問週率應為若干?

21.

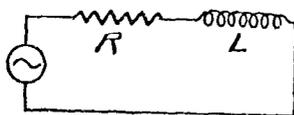


$$R = 4 \quad X_L = 8 \quad X_C = 5$$

$$P = ? \quad I = ? \quad E = 110$$

並以矢量圖表之。

23.



$$E = 110\text{V}$$

$$R = 10\Omega, \quad f = 100 \text{ 週/秒}$$

$$L = \frac{1}{31.4} \text{ h}$$

試求 I 之最大值，並矢量圖表之。

23. 如以 $\frac{1}{31.4}$ 法拉特之電容器，串聯於第 23 題之圖中，問此時交流為若干？

24. 何謂串聯電路之諧振？問如第 23 題之電路是否合於諧振條件，試說明之。

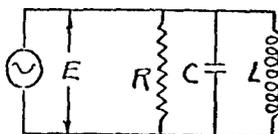
25. 如將第 23 題之 R, L 並聯之，而接於 E，問 I_R , I_L 及總交流各為若干？

26. 試將第 25 題矢量圖表之，並求總交流與 E 之相角。

27. 交流電路之僅有電容量者，無平均電工率之損失，試舉例繪圖以說明之。

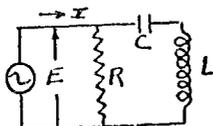
28. 試述並聯諧振之條件，並說明與串聯諧振相異之點。

29.



試用矢量圖表法，以求 I 之公式。

30.

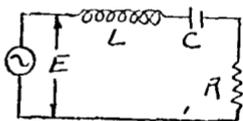


$$E = 110 \quad X_L = 10 \quad X_C = 5 \quad R = 20$$

$$I = ? \quad \cos\phi = ?$$

31. $\frac{50}{1131} \text{ h}$ 之自感量，與 12.5 歐姆之耗阻，並聯於 100 伏脫 A. C. 線上，設 A. C. 之週率為 60 週/秒，求 (a) 電流，(b) 電工率因數 (c) 電工率。

32.



週率為 f , 試用分量圖表法,
求 I 之公式.

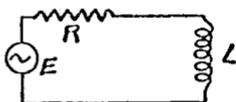
33. 如第32題 $E = 110^v$ $R = 10\Omega$ $I = 11^a$ $L = \frac{1}{314}h$

$f = 50$ 週/秒 問 $C = ?$

34. 在一串聯電路中, 已知 $R = 6\Omega$, $L = 7.6 \times 10^{-6}h$, $C = 0.00025\mu f$,
 $E = 2$ 伏脫, $f = 5000000$, 求此電路之總阻及其最大交流.

35. 如前題 C 為何值時, 始成串聯諧振? 諧振時之交流為若干?

36. 如圖



$E = 50^v$ $f = 100$ 週/秒

$E_R = 30^v$ $I = 10^a$

試求總阻, E_L , I 與 E 之相角, 並說明所得相角之性質.

37. 如前題於 RL 之外, 又串聯一電容器 C , 量得 E_C 為 20^v . 試求總阻, θ , L , R 及 C 之值.

38. 如第36題之交流方程式為 $i = 14.4 \sin 628t$ (安培), 試求 e_L 及 e_R 之方程式.

39. 一串聯電路中之交流電壓為 110^v , 耗阻為 5 歐姆, 求交流及電工率.

40. 如第34題之電路, 耗阻為 15 歐姆, 電工率為 3375 瓦特, 問電壓及交流各為若干?

41. 如第33題之電路 $E = 100^v$, $L = \frac{1}{31.4}h$, $R = 10\Omega$, $f = 50$ 週/秒

試求電流, 電工率及電工率因數.

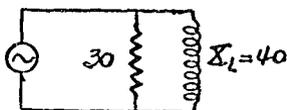
42. 如第33題之電路, 電工率為 777.7 瓦特, 電壓為 110^v . 耗阻為 7.8Ω , 週率為 60 週/秒, 問交流, X_L , L 及 $\cos\theta$ 各為若干?

43. 如將前題中之週率,改為 50 週/秒,則交流, X_L , L 及 $\cos\theta$ 各為若干?

44. 如第 41 題之電路, R 為 50Ω , X_L 為 50Ω , 週率為 50 週/秒, 交流為 10° , 問電壓, 電工率, L 及電工率因數各為若干?

45. 無耗阻之線圈, 無電工率損失, 試舉例繪圖以說明之.

46.

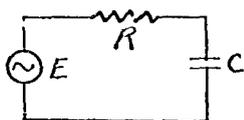


$f = 50$ 週/秒

試求 I , L 及電工率因數.

47. 以 $X_C = 10\Omega$ 代前題中之 R , 並知 $I_0 = 0$, $L_2 = 31.4\text{m.h.}$, 試求 C 及 f .

48.



$E = 110^{\circ}$ $X_C = 10\Omega$ $I = ?$

$f = 50$ 週/秒 $P = ?$ $C = ?$

$R = 20\Omega$ $\cos\theta = ?$

49. 如第 48 題電路, 又以 $1/f$ 之電容器與 C 並聯之, 問 X_C , P , $\cos\theta$ 及 I 各為若干?

50. 今欲使第 49 題之電路為串聯諧振, 應加入 L 若干?

51. 如第 50 題, 而加入之 L 為 2 亨利, 問電壓之週率為若干時, 此電路始成串聯諧振?

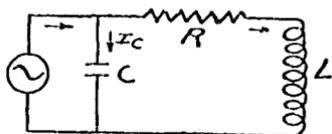
52. 於諧振電路中, 量得其 $I = 10^{\circ}$, $E = 100^{\circ}$, $f = 50$ 週/秒, $L = 1^{\text{h}}$, 試求 C 及電工率因數.

53. 如將第 51 題之 f , 變為 100 週/秒, 問該電路是否仍為諧振? 試繪 E_R , E_L 及 E_C 之矢量圖表, 並註明 I 與 E_a 之相角.

54. 以第 53 題中之 R, L, C 三者, 並聯於 E , 試求 I_R, I_L, I_C 及總交流各為若干?

55. 問如第54題, f 爲何數時,始成並聯諧振?

56.



如圖已知 $E = 110^v$

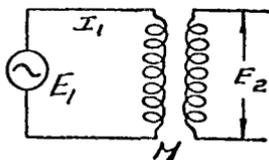
$f = 50$ 週/秒 $L = 0.001^h$

$G = 0.00001^f$ $R = 10^{\Omega}$

試求 I_1 , I_2 及總交流之值,並矢量圖表之.

57. 將第56題 L 之位罝,代以耗阻 10^{Ω} , 問此時 I_R , I_C 及總交流各爲若干?

58.



如圖 $E_2 = 110^v$

$f = 50$ 週/秒

$I = 10^A$ $M = ?$

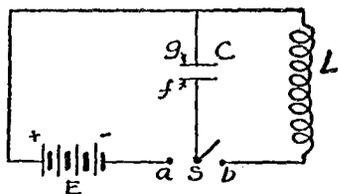
59. 如第58題之電路,已知 $M\omega = 10^{\Omega}$ $E = 220^v$ 問 I_1 爲若干?

60. 問第58題電路內,是否有平均電工率之損失?

第四章 振盪電路 (Oscillatory Circuit)

69. 自由振盪 (Free Oscillation)

如第六十三圖， C 爲電容器之電容量（法拉特）， L 爲線圈之自感量（亨利）， S 爲開關， E 爲蓄電池之電壓（伏脫），當 S



第六十三圖

接於 a 時， a 即輸電入 C ，使 C 積電， g 方面爲正， f 方面爲負極短時間內， $CSaE$ 電路中有電流， C 中積得電量電量漸多， C 之電壓亦漸高因 gf 間新生之電壓與 E 電壓正負相同之故，電流逐漸

減小，當兩電壓相等時，電流即中止，而 C 中總電量爲 $Q = CE$ （庫倫）..... C 即貯有相當電能。

今運用 S ，自 a 而接至 b ，若 L 不爲線圈而爲一甚短之接線，則 Sb 相接時， C 即放電，發生明亮之火花，所積電能，變熱而止。現 L 爲有自感量之線圈，當 Sb 相接，使 C 放電時， $CSbL$ 電路中之電流，因 L 間有反電壓發生，僅能逐漸增加。至 gf 間無電位差而最大，此電流對 C 而言由 C 流出，故積於 C 之電能，逐漸消失；對 L 而言，反抗其反電壓，作工於 L ，使 C 內所失電能，貯在 L 磁場。

惟電流之在自感量電路中流行，如重物之動，既動矣，苟無外力以阻之，自身不能停止。故電流亦不易中止，必趁其原向流至 C ，使 C 復積電。惟 gf 上電性正負，適與前相反。「第一次積電時 g 爲正 f 爲負，此次積電 f 爲正 g 爲負」 C 既積電，又生反電壓，反抗電流流入，電流遂由 I_m 而逐漸減小，磁能亦如之。職是之故， L 間又

發生反電壓，此反電壓之方向，與電流同向，助之入 C ，至磁能完全消失，轉貯於 C 而止。若電路中無耗阻， LC 間電能受授，毫無損失。則上述情形，週而復始，其電流曰振盪流 (Oscillatory Current) LC 所組成之電路曰振盪電路。電路之外，於振盪時無其他電能加入，故又有自由振盪之名。

70. 機械上之自由振盪

機械上有自由振盪之現象者，如鐘擺之擺動及鋸片一端之振動等。在鐘擺擺動中，其擺動速率，與振盪電路內之振盪流相當；鐘擺高度與 C 之電壓相當。當鐘擺在最高位置時，其速率為零，是猶 C 之電壓最高，而電路中無電流也。鐘擺動後，位置漸低，速率漸大，是猶使 C 放電，電壓漸低，電流漸增也。鐘擺至最低位置時，其速率最大，且乘勢向異方擺往，是猶電路中， C 至無電壓時，電流最大，而仍繼續前進也。鐘擺愈往異方，位置漸高，速率漸減，至其原有高度時即全失其速率，電流前進，使 C 又積電， C 之電壓與前異性而增高，電流照原向而減縮，至 C 有原有之電壓而止。鐘擺至異方之最高度後，取原道擺回，其動向雖異，而速率與位置間之變化，實與以前相同。 C 之電壓至相反之原電壓後，復行放電，其電流方向雖反，而電流與電壓間之變化，亦與以前相同。於鐘擺擺動中，由鐘擺之位置能力而運動能力，相互變換。於振盪電路中，由電容器電能，而線圈磁能，相繼受授。若鐘擺擺動於真空間，且無其他阻力，則往返自如，綿綿不絕，是猶 L 及 C 中無耗阻，電能不損失，而振盪流得源源而生也。

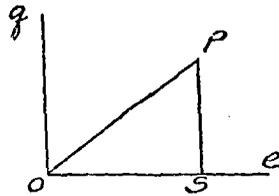
71. 積於電容器之電能

電容器積電，而貯有電能之說，已如 67 節所述。電容器中所積電量漸多，反電壓亦漸高。即以同量之電，積於電容器時，所須工作，前者小而後者大。故所謂積於電容器之電能者，即積電時前後之

總工作也。今設 q 爲電容器開始積電後，在任何時之電量， e 爲其相當電壓則

$$q = C_0 (E_m)$$

以前式圖表之可得第六十四圖之直線 OP 。今 OS 等於蓄電池之電壓，亦即電容器所得之最大電壓 (E_m)，則 PS 必等於電容器之



第 六 十 四 圖

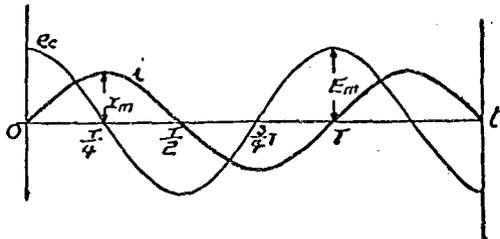
最大電量 (Q_m)，其總工作必爲三角形 OPS 之面積。

$$\begin{aligned} \therefore W_c &= \frac{1}{2} OS \cdot PS \\ &= \frac{1}{2} E_m Q_m \\ &= \frac{1}{2} CE_m^2 \dots \dots \dots (\text{求爾}) \dots \dots \dots (99) \end{aligned}$$

72. 自由振盪之電壓與電流

鐘擺爲單弦運動之說，已如第三章第(38)節所述。電路之自由振盪，如(70)節所論者，又與鐘擺擺動相似。故自由振盪之類於單弦運動，可無疑義。凡單弦運動振距，得用正弦函數，以表示其變化。故自由振盪中之電量、電流及電容器上之電壓，亦得同樣表之。且自電容器放電而振盪流發生之後，電容器上之電壓，由最大而零。於是取反對方向，再由零而最大，而再爲零。同時振盪流由零而最大，繼則由最大而零，再則由零而爲異向同樣之變化。故以振盪

流及電壓與時間圖表之，可得第六十五圖。



第六十五圖

用方程式表之如下：—

$$i = I_m \sin 2\pi ft \dots\dots\dots (100)$$

$$e_c = E_m \sin\left(2\pi ft + \frac{\pi}{2}\right) \dots\dots\dots (101)$$

前二式中 E_m 為電容器上之最大電壓， I_m 為最大振盪流。以 (100) (101) 二式與第三章第 51 節中諸式相較，實相吻合。可知 e_c 與自感量電路內之 e_s 相當，振盪流與交流相當。

$$\therefore E_m = I_m L \omega \dots\dots\dots (102)$$

73. 積於線圈之磁能

如第六十五圖，線圈上電流於 $\frac{T}{4}$ 秒內自 0 而 I_m ，故線圈上所經過之平均電量 (Q_{av}) 必為 $\frac{1}{2}(0+I_m) \cdot \frac{T}{4}$ ，或應之平均電壓 (E_{av}) 必為 $\frac{LI_m}{\frac{T}{4}}$ 。當 Q_{av} 經過線圈時，實反抗其 E_{av} ，故線圈貯有磁能。磁能大小必為 E_{av} 與 Q_{av} 之相乘積，今以算式表之：—

$$Q_{av} = \frac{1}{2} (0+I_m) \cdot \frac{T}{4} = \frac{T}{8} I_m$$

$$E_{av} = LI_m / \frac{T}{4} = 4I_m L / T$$

$$W_L = Q_{av} \cdot E_{av}$$

$$\therefore W_t = \frac{1}{8} T I_m \frac{4 L I_m}{T} = \frac{1}{2} L I_m^2 \dots (\text{求爾}) \dots (103)$$

利用 (102) 式而推證之，更見便利，茲自第三章第 57 節 (80) 式得

$$I_m = Q_m \omega \text{ 或 } Q_m = I_m / \omega$$

又自 (102) 式得 $E_m = L \omega I_m$

$$\therefore Q_m E_m = L I_m^2 \text{ 或 } \frac{1}{2} Q_m E_m = \frac{1}{2} L I_m^2$$

自由振盪中電能不損失，前式左邊者為電容器電能，則右邊者必為線圈磁能，

$$\therefore W_t = \frac{1}{2} L I_m^2$$

例題 如第六十三圖， $E = 100$ 伏脫， $C = 0.001 \mu\text{f}$ ， $L = 0.001 \text{h}$ ，問
C 積電後之電能為若干？並 L 內得有最大電流若干？

$$\begin{aligned} (\text{解}) \quad \text{電能} &= \frac{1}{2} C E_m^2 = \frac{1}{2} \times 1 \times 10^{-9} \times 100^2 = \frac{1}{2} \times 10^{-5} \text{ (求爾)} \\ &= \frac{1}{2} \times 10^{-5} \times 10^7 = \frac{1}{2} \times 100 = 50 \text{ 愛格 (erg)} \end{aligned}$$

$$\frac{1}{2} \times 10^{-5} = \frac{1}{2} L I_m^2 = \frac{1}{2} \times .001 \times I_m^2$$

$$\therefore I_m^2 = 10^2 \quad \therefore I_m = 0.1 \text{ 安培}$$

74. 自由振盪之週期、週率及波長

自 (102) 式 $E_m = L \omega I_m$

$$\text{但} \quad \frac{1}{2} C E_m^2 = \frac{1}{2} L I_m^2$$

$$\therefore C L^2 \omega^2 I_m^2 = L I_m^2$$

$$\therefore C L \omega^2 = 1 \quad \therefore \omega = 1 / \sqrt{LC}$$

$$\text{但} \quad \omega = 2\pi f, \quad T = 1/f$$

$$\therefore f = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}} \text{ (週/秒)} \dots (104)$$

$$\therefore T = 2\pi \sqrt{LC} \text{ (秒)} \dots (105)$$

由(105)式觀之, T 之大小, 依電路中 LC 之值而定, 故有本身週期 (Natural Period) 之名, 由(104)式, 所計得之週率曰本身週率 (Natural Frequency), 與基本週率有同樣意義。

電路有振盪流, 即生電波 (電波發生之理, 詳於無線電波章), 電波與日光同速之說, 已為學者所公認, 今由波動論引用(1)式, 得電波波長如下:

以 V 代波速, λ 代波長, 則 $V = f\lambda$

而 $V = 3 \times 10^8$ 米突/秒 (即日光速率)

$$\therefore \lambda = 3 \times 10^8 \times 1/f$$

$$= 3 \times 10^8 \times T = 1.885 \times 10^9 \sqrt{LC} \text{ (米突)} \dots\dots\dots (106)$$

λ 之大小, 亦依電路中 LC 之值而定, 故有本身波長 (Natural Wavelength) 之名, 第(106)式, 於無線電之設計及配諧上, 極為重要, 學者應牢記之。

例題 自由振盪電路之 C 為 $0.001 \mu f$, L 為 $0.001 h$, 求此電路之本身週率, 本身週期, 及本身波長。

$$\text{(解)} \quad T = 2\pi \sqrt{LC} = 2\pi \times 10^{-6} = 6.28 \times 10^{-6} \text{ 秒}$$

$$f = 1/T = \frac{1}{6.28 \times 10^{-6}} = \frac{10^6}{6.28} = 159000 \text{ 週/秒}$$

$$\lambda = 1.885 \times 10^9 \times \sqrt{LC} = 1.885 \times 10^9 \times 10^{-4} = 1885 \text{ (米突)}$$

75. 減幅振盪 (Damped Oscillation) 及等幅振盪 (Undamped Oscillation.)

如第六十五圖, 振盪流之正弦曲線中, 其相鄰之幅 (即 I_n) 均等, 專名之曰等幅振盪, 實際上 L 及 C 均有電能損失, 故 C 內第二次積電後之電能, 必較第一次積電後之電能為小, 以此類推, 電能必逐漸減小, 至完全消失, 無振盪流而止, 按電容器之電能公式:

$$W_c = \frac{1}{2} Q_m^2 \cdot \frac{1}{C}$$

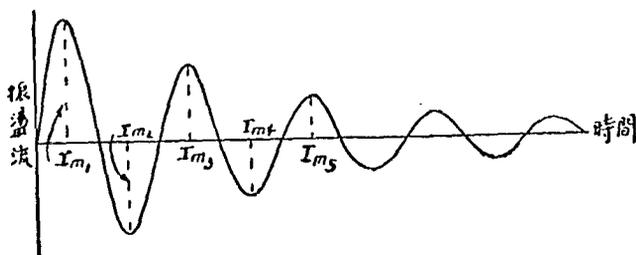
0 爲定值，則由上述之理，可得不等式如下：——

設 Q_{n1} , Q_{n2} 及 Q_{n3} 等等，爲 0 第一、第二及第三次等等積電後之最大電量

則 $Q_{n1} > Q_{n2} > Q_{n3} > \dots\dots\dots$

同理 $I_{m1} > I_{m2} > I_{m3} > \dots\dots\dots$

圖表之，可得如第六十六圖之曲線圖中 I_m 幅度，逐漸減縮，專名之



第 六 十 六 圖

曰減幅振盪。但據數學上之分析，及實驗上之證明，彼同方相鄰幅之比（即 I_{m1}/I_{m3} 及 I_{m3}/I_{m5} 等等）恆爲等值，其式如下：——

$$\frac{I_{m1}}{I_{m3}} = \frac{I_{m3}}{I_{m5}} = \dots\dots = \frac{R}{\sigma^2 L} \cdot T \dots\dots\dots (107)$$

式中 R 爲電路中消失電能之有效耗阻， $\sigma = 2.72$ ， L 及 T 與以前代表者同，將前式兩邊取自然對數 (Natural Logarithm)。

$$\text{則 } \text{Log}_e \frac{I_{m1}}{I_{m3}} = \frac{R}{2L} T \dots\dots\dots (108)$$

(108) 式中左邊者，普通以 δ 代表之，專名之曰對數減幅率 (Logarithmic Decrement)，簡稱曰減幅率。振盪路中恆有耗阻，亦即恆有減幅率，能使振盪流減幅之外，並能使本身週期變爲下式：

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{CL} - \frac{R^2}{4L^2}}} \text{ (秒)} \dots\dots\dots (109)$$

註：此式及 $\delta = (R/2L) T$ 之推證，非借助高等數學不爲功。

越本書範圍從略，學者有意深造，請參攷 J. H. Morecroft's
Principles of Radio Communication Page 255-256.

與前節 $T = 2\pi \sqrt{LC}$ 式相較，即知現時之本身週期為大。

若 $\frac{1}{CL} - \frac{R^2}{4L^2} < 0$ 或 $R > 2\sqrt{L/C}$.. (110)

此 T 為無窮大或虛數不合事理，是即此種電路之失其振盪也。惟設計及製造 L 與 C 者，必求其耗阻極小，故凡電路之僅有 LC 者，上述不振盪情形，不致相值，苟 LC 之外另接耗阻，以增電能消失，事當別論矣。

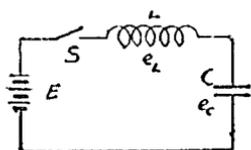
無線電路，大都由 LC 組成，故求其本身週期時，恆用 T 等於 $2\pi \sqrt{LC}$ 式，蓋耗阻極小，從略計算，應用上不生大誤也。

減幅振盪波之多少，以其對數減幅率之大小為斷，率大者波少，率小者波多，此理自電能消失推證之，甚屬明顯。惟波少之振盪，一發即滅，難於檢收，故於火花式無線電報律上，其振盪路之對數減幅率，有不得過 .9 之規定焉。若減幅率過小，收音時易致失真，俟第十一章論之。

76. 合路振盪器 (Closed Electric Oscillator)

自由振盪之產生，如第 69 節所述者，乃由電容器之放電而成。實則電路中含有自感量及電容量者，當電壓接上，或忽受磁電感應時，均能產生自由振盪，茲分述之。

如第六十七圖，將 S 合閉時， LC 之串聯電路即接有電壓 E ， C



第六十七圖

上無電量，即無反電壓，故電流增加極速，使 C 積電，但 L 上，因自感之理，產生反電壓 e_l ，此時適與 E 相等，待 C 積電後，即生反電壓 e_c ， e_c 既產生電流之增

加,必漸遲緩,故 e_c 漸為減小, e_o 漸為增大,但合言之,當適合下式:—

$$E = e_L + e_o \dots \dots \dots (111)$$

至 e_L 與 E 相等時, e_o 為零,電流最大 (I_o), 根據第71節所述之理, L 中貯有磁能為 $\frac{1}{2} L I_o^2$, 於是電流逐漸減小, L 上又生反電壓 e_L , 此時與 E 同向, 相助而使 C 繼續積電, 故 (111) 式變成下式:—

$$E + e_L = e_o \dots \dots \dots (112)$$

L 中所貯磁能, 亦逐漸放回, 電流減小愈甚, e_L 之值愈大, 至電流為零時, e_L 與 E 相等, L 中磁能完全消失, 自 (99) 式, C 中積得電能如下:—

$$W_o = \frac{1}{2} C (2E)^2 = 2CE^2 \dots \dots \dots (113)$$

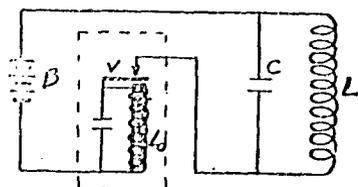
C 乃放電, 回授電能於 L , 於是 LC 間, 能力往返授受, 遂成自由振盪, 其週期, 週率等, 均視 LC 之數量而定, 與第74節述者, 完全無異。

又如於天線數哩外, 發生雷震時, 天線電路 (參考第七章) 忽得感應電壓, 貯有電能, 由電能磁能互變之理, 於天線及其他相鄰之電路內, 產生自由振盪, 經過檢波器, 於聽筒內, 即聞破裂聲, 此種不規則擾亂, 收音者視如蛇蝎, 專稱曰 天電擾亂 (Static Disturbance)

77. 蜂音振盪器 (Buzzer Oscillator)

如第六十三圖, 開關 S , 於 ab 間來往一次, 即可發生振盪流, 因 L 恆有耗阻, 此振盪流, 遂成減幅振盪, 頃刻而止, 若 S 得繼續來往, 減幅振盪流亦必繼續發生, 火花式發報機, 即基於是理, 機中司 S 之自動開關者, 為火花隙, 俟第八章論之。

小規模振盪器, 恆用於無線電測驗者, 為蜂音振盪器, 其結構如第六十八圖, 當 V 在圖示位置時, 電流經 LVL , B 電路, L 中貯有



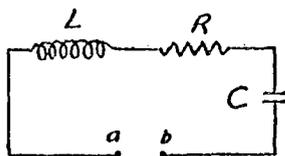
- B 電池
- C 電容器
- L 線圈
- 點線範圍內者為蜂音器
- L_1 為電磁圈
- V 為振動片

第 六 十 八 圖

磁能。但 L_1 通有電流，即成磁鐵將 V 吸下，電路中斷，L 中磁能授於 C，授受終了，C 又放電，將電能回授於 L。短時間內，電能如是授受，發生振盪流。電流一斷，L 磁性失去，因 V 之彈性關係，再回至圖示之地位，L 又貯磁能。若 V 振動不止，則振盪流之產生於 LC 中，亦綿綿不絕，其週期亦依 (105) 式而計算之。

78. 強迫振盪 (Forced Oscillation)

於第六十九圖 ab 之間，接以 f 為週率之交流電壓，使電路 RLC 發生交流與振盪流相似，此種振盪曰強迫振盪。當電壓初接時，振盪流之發生殊為複雜。經理論及實驗之分析，可得二種不同週率之電流，相合

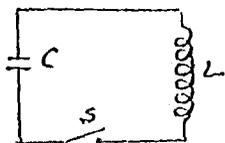


第 六 十 九 圖

而成。第一種曰瞬流 (Transient Current)，第二種曰平流 (Steady Current)。瞬流週率，即為 RLC 自由振盪時之本身週率，因有對數減幅率，頃刻而滅，影響於全電路之振盪者不大，得略而不談。平流週率，即為所接交流電壓之週率。彼 RLC 電路，所以能繼續有電能者，均由此交流電壓源源供給之故，其間關係已於第三章詳述。

習 題

1.



$$C = 0,002 \text{ uf}$$

$$L = 320 \text{ uh}$$

C 積電後之電壓為 10 伏脫

2. 問電容器所積電能為若干?將 S 開上,電路內發生振盪,問電流之最大值為若干?
3. 如前題之電路,接以耗阻,問此耗阻對於此路之自由振盪有若何影響?
4. 求第 1 題之振盪週期.
5. 如第 2 題,以耗阻 10 歐姆接入後,使 C 放電,問該電路發生何種振盪,其振盪週期為若干?與第 3 題之振盪週期相較,其差若干?
6. 須以若干歐姆接入,方使第 1 題電路不振盪?
7. 問第 4 題之對數減幅率為若干?
8. 問第 1 題之本身波長為若干?
9. 設第 1 題電路中之 C 不變,問如何可使其對數減幅率變換?
10. 設於對數減幅率公式中之 T, 為 $2\pi \sqrt{CL}$, 問於第 8 題之變換法中,何者之效果較大?
11. 如六十六圖,一週曰一個振盪數,就第 4 題之電路,經若干振盪數後,其幅與 I_m 之比方為 10:1?
12. 如第一題若 $L = 36 \mu\text{H}$ $C = 0,0004 \text{ uf}$
試求本身波長及本身週期.
13. 試述電路不振盪之條件.
14. 一減幅振盪波至第二十四個振盪後,其幅適為第一個之百

分之一，問對數減幅率爲若干？

14. 如第 1 題之電路已知：—— $R=10\Omega$ $C=0.001\mu\text{f}$ $L=3\text{mH}$
試求對數減幅率。
15. 如第 1 題電路，當 S 關上時，C 上有電壓 240V，C 中貯有電能 988 愛格，L 爲 4mH ，問 C 爲若干？又 S 關上後其最大電流爲若干？
16. 某減幅振盪波之對數減幅率爲 0.105，問至若干振盪數後，其幅適爲第一幅之千分之一？
17. 試述第六十三圖與第六十七圖，產生自由振盪不同之點。
18. 如第六十七圖已知 $L=350\mu\text{H}$ $C=350\mu\text{f}$
試求其自由振盪之週期與週率
19. 如第 18 題，若接上之 E 爲 100 伏脫問 C 中積得最大電能爲若干？
20. 如第六十七圖，當自由振盪產生後，C 中電能，是否有等於零之時間？假定全電路中無耗阻。

第五章 無線電路 (Radio Circuit)

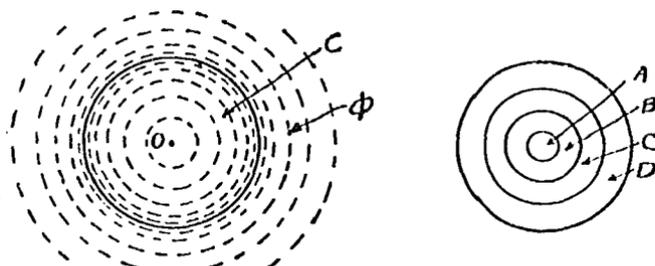
79. 無線電路與交流電路之比較

無線電路與交流電路之組織，無絲毫差異，大概由耗阻，自感量，及電容量三者並聯或串聯而成。故以平流言，凡於第三章，所述之交流電路原理，均可應用於無線電路。惟無線電路交流之週率，恆在 10,000 至 30,000,000 間。故電路性質，隨之而異。例如導線數圈置在低週率電路，視為無關重要者，在無線電路，則有甚大感感週阻，電流為之減小。蓋 X_L 等於 $2\pi fL$ ，即 L 極小，當 f 極大時，亦能使 X_L 極大也。極小電容量在低週率電路中，甚易阻止電流者，在無線電路中毫無影響。蓋 X_C 等於 $\frac{1}{2\pi fC}$ ，即 C 極小，當 f 極大時，亦能使 X_C 極小也。互感量在二無線電路中，彼此影響，較在低週率電路為更大。茲分述耗阻，自感量及電容量三者，在無線電路內特殊情形，並舉示其簡易常用公式，以備設計無線電路時參考。至公式證明，以及其他較為繁複者，踰越本書範圍從略。學者有意深造，請參考美國標準局叢書第 74 集 (Bureau of Standards Circular, No. 74 "Radio Instruments and Measurements")。

80. 集膚現象 (Skin Effect)

今以有 R 歐姆之導線，接至直流電壓，即得電流。此電流在導線橫截面上之分佈，甚屬均勻。如以交流電壓，接至上述之導線，則交流在其橫截面上之分佈，失其均勻，中心最少，漸向外表面漸多。若電壓之週率大如射電週率，且導線半徑不小，則交流全集外表面，中心無通行者。情形若此，曰集膚現象。其結果使導線之橫截有效面積減小，耗阻為之加大。故為省去導線中心之無效部分計，恆用空心導線，或扁平導線，有時以若干小導線校合用之，以增加導線

之外表面積，及減小導線之半徑使集膚現象及有效耗阻，亦因之減小，至集膚現象發生之理，得以第七十圖而說明之。(a)圖中 c 為導線橫截面之擴大，當導線通有電流時，必發生磁力線，自其中心 O ，向外發展，圖中許多點圓線，即表示磁力線在導線內外之分



(a) 第七十圖 (b)

佈情形。再將導線橫截面，分成 ABCD 等各小部分 A 包含中心；D 最近導線之外表，令其各部分經過之電流為 i_A , i , i_c 及 i_D 等，以 (a) (b) 二圖合觀之，可知圍繞 i_A 之磁力線最多，漸向外表面漸少，至 i_D 則磁力線之圍繞者為最少。依第二章第 30 節，凡圍繞 i 之 ϕ 愈多， L 亦愈大。故 A, B, C, D 等各部分之自感量，決不相等，屬於 A 者最大，D 者最小。設於分取 ABCD 等各小部分時，使其直流耗阻均為 R ，又以 L_A , L_B , L_C 及 L_D 等代表其各小部分之自感量，接於導線兩端之電壓設為 E ，則自 (69) 式

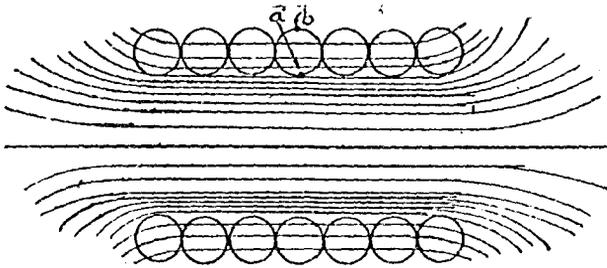
$$\therefore i_A < i_B < i_C < i_D$$

遂成集膚現象。

81. 線圈上之集膚現象

以導線繞成線圈後，所生磁力線更多，其對於導線上電流分佈之影響，亦更大。至磁力線在單層柱形線圈內之分佈，如第七十一圖，茲圖細察，得知導線 a 部分所圍繞之磁力線量，必較於圍繞

b 部分者為多。應用前節所述之理，a 部分之自感量必較 b 部分之自感量為大。故在前者之電流，必較在後者為小。其結果得使線圈之耗阻及自感量同時加大。如任多層柱形線圈，則集膚現象更著。



第 七 十 一 圖

82. 自感量之公式

線圈之有自感量，已於第二章述及。自感量之實用單位，本為亨利，無線電路中恆嫌太大，故再分之為千分亨利，及兆分亨利二種。千分亨利，為亨利之千分之一，記號為 mh。兆分亨利，為亨利之兆分之一，記號為 μh。茲據自感量之計算公式如下：—

甲. 線圈自感量

線圈自感量之大小，隨線圈之構造方式而異。種類繁多，不勝枚舉。惟無線電路中最通用者為單層柱形線圈 (Single Layer Solenoid) 其算式如次：

$$L = 4\pi^2 R^2 n^2 l K \times 10^{-3} \dots\dots\dots (\mu h) \dots\dots\dots (114)$$

R = 線圈之半徑 (呎) (即自線圈中心，至導線中心之距離)

n = 每呎長，所有線圈之轉數。

l = 線圈之長 (呎)。

K = 係數，隨 2R/l 之值而變。已知 2R/l 數後，於下表即可檢得 K 之值。2R/l 與 K 之對照表如下：

2R 1	K	2R 1	K
0.00	1.000	0.95	0.700
.05	.979	1.00	.688
.10	.959	1.10	.667
.15	.939	1.20	.648
.20	.920	1.40	.611
.25	.902	1.60	.580
.30	.884	1.80	.551
.35	.867	2.00	.526
.40	.850	2.50	.472
.45	.834	3.00	.429
.50	.818	3.50	.391
.55	.803	4.00	.365
.60	.789	4.60	.341
.65	.775	5.00	.320
.70	.761	6.00	.285
.75	.748	7.00	.258
.80	.735	8.00	.237
.85	.723	9.00	.219
.90	.711	10.00	.203

乙. 單根導線之自感量

單根導線之自感量,沿導線之長,均勻分佈,專稱曰分佈自感

量 (Distributed Inductance). 其算式有二種:一爲直立導線之自感量,一爲水平導線之自感量,分舉如次:

單根直立導線之自感量:

$$L = 2l (2.3 \log_{10} 2l / r - 3/4) \times 10^{-3} \dots \dots (\mu h) \dots \dots (115)$$

l = 導線之長 (呎)

r = 導線之半徑 (呎)

單根水平導線之自感量:

$$L = 2l (2.3 \log_{10} 2h / r + 1/4) \times 10^{-3} \dots \dots (\mu h) \dots \dots (116)$$

l = 導線之長 (呎)

r = 導線之半徑 (呎)

h = 導線與地面之距離 (呎)

83. 線圈間之互感量

二線圈間之互感量,隨二線圈之自感量及相對地位而變,其大小恆由實驗測定,尚無公式,以概示一切,惟根據互感量定義,凡二線圈距離愈近,其間之互感量必愈大,反之,則愈小,如彼此成直角,則互感量爲零,但於無線電路中,即二線圈已成直角,精細測量之,其間若尚有互感量者,此非互感量,乃因二線圈相距較近,發生電容器作用而致之,據美國海氏 (Hazel tino) 試驗之結果,謂二線圈並行,且其中心軸傾斜 55° 度者,彼此無互感量,故新式接收機,恆見線圈之排列有如上述者。

84. 電容量之公式

電容量之實用單位爲法拉特,無線電路中,嫌其太大,又分爲兆分法拉特,及兆兆分法拉特二種,兆分法拉特,爲法拉特之兆分之一,記號爲 pf,兆兆分法拉特,爲法拉特之兆兆分之一,記號爲 muf. 茲舉其算式如下:

甲. 空氣電容器之電容量

電容器導片之中間,以空氣為通成體者曰空氣電容器,其電容量之計算式如次:

$$C = \frac{\Lambda(n-1)}{4\pi D} \times 1/9 \dots\dots(\mu f) \dots\dots (117)$$

Λ = 導片之面積(平方呎)

n = 導片之總數

D = 導片與導片間之距離(呎)

乙. 分佈電容量 (Distributed Capacity)

今有一直立或水平之導線與大地絕緣而空懸之,則以導線與大地合言之,按電容器定義,即成一電容器,其電容量沿線分佈,專稱曰分佈電容量,茲分舉其算式如次:

單根直立導線之電容量:

$$C = \frac{1}{4.6 \text{Log}_{10} \frac{l}{r}} \times \frac{1}{9} \dots\dots(\mu f) \dots\dots (118)$$

= 線長(呎) r = 導線之半徑(呎)

單根水平導線之電容量:

$$C = \frac{1}{4.6 \text{Log}_{10} \frac{2h}{r}} \times \frac{1}{9} \dots\dots(\mu f) \dots\dots (119)$$

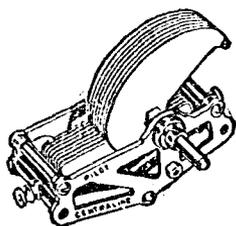
l = 導線之長(呎) r = 導線之半徑(呎)

h = 導線與地面之距離(呎)

85. 電容器種類

電容器種類繁多,式樣不一,隨其用處之不同,普通分為定值者與變值者兩種。無線電之配諧電路,恆用變值電容器, (Variable Condenser), 如第七十二圖 a, 有兩組鋁片或銅片,彼此相間而成片與片間之通成體恆為空氣片組之能隨意轉動者曰轉片。轉片裝

於同軸軸端裝有轉盤 (Dial), 盤上刻有度數, 間接表示電容量之大小。倘轉盤度數與相當電容量之校核曲線 (Calibrating Curve) 成直線者曰直線電容量電容器 (Straight Line Capacity Condenser) 於配諧電路中, 倘轉盤度數與相當波長之校核線成直線者曰直線波長電容器 (Straight Line Wavelength Condenser), 與相當週率之校核線成直線者曰直線週率電容器 [Straight Line Frequency Condenser], 此三者構造雖同, 而片子之式樣各異, 故異其名也。定電容器 (Fixed Condenser) 於無線電路中, 有用以隔斷直流者曰斷流電容器 (Blocking Condenser), 有用以通過高週率電流, 而不通低週率電流者曰枝路電容器 (By-pass Condenser), 此種電容器之專片, 爲鋁葉或錫葉, 通感體爲臘紙或雲母, 後者得使用於極高電壓, 製造時或用極長片捲緊, 或用小方片壓緊, 塗以膠汁, 裝入方柱形之鉛皮罐或扁平式之膠木盒, 故體積甚小, 如第七十二圖 (b)。



(a) 第七十二圖 (b)

86. 電容器損失

以前電容器無電能損失之說, 不過爲理論上之假定, 揆諸事實, 其損失亦不甚微小, 於無線電中, 更足令人注意, 總稱之曰電容損失; 細別之有下列四種:

1. 漏電損失 (Leakage Loss)

電容器內電量, 恆自一導片, 迴繞或通過通感體而至其他導

片電量減少，故名之曰漏電損失。

2. 吸收損失 (Absorption Loss)

以電容器充電後，使成短路，則電容器上之電量應完全消失，惟以極靈敏之測電表，接於電容器之二端而測驗之，仍得若干電量，是即電量之為通感體所吸收者也，故稱之曰吸收損失。

3. 導片之耗阻損失 (IR)

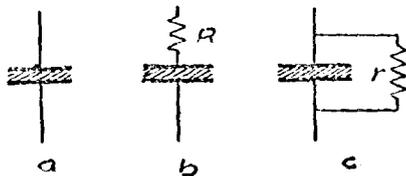
4. 電花損失 (Corona Loss)

電容器導片間之電壓，增至極高時（7000 至 8000 伏脫），導片邊緣，忽顯電花，至電花發生之理，實基於空氣之受電化，故電容器中電量，為之損失，專名之曰電花損失，發現電花之後，再將電壓增加，則通感體破裂，即生明亮火花 (Spark)。

收音機電路中之電容器，因其電壓甚低，僅有第 1、第 2 及第 3 種等之損失，若電容器在發報機電路中，則電壓甚高，兼有第 4 種損失，如空氣電容器上之絕緣體，具優良之絕緣性者，其損失可視為零，否則有第 1 及第 2 種之損失。

87. 電容器內之串聯或並聯耗阻

電容器有損失之說，已於第 86 節詳述，此種損失，可以相當串聯耗阻或並聯耗阻，以代表之，例如第七十三圖 a、為不良之電容器，其總損失為 7.5 瓦特，其積電時之電流為 2 安培，此電容器得以 b 代表之，b 中電容器為完全無損失者，惟串聯 R



第 七 十 三 圖

則 $R = \frac{7.5}{2 \times 9} = 1.88$ 歐姆

於交流電路中,此 R 化成並聯耗阻或稱漏電耗阻 (Leakage Resistance), 其情形如 c. 設電容器上所接之電壓為 E, 其角度速率為 ω 則 $I_0 = C\omega E$

於 b 則 損失 = $I_0^2 R = C^2 \omega^2 E^2 R$

於 c 則 損失 = $\frac{E^2}{r}$

c 與 b 既相當故

$$\therefore C^2 \omega^2 E^2 R = \frac{E^2}{r}$$

$$\text{或 } R = \frac{1}{C^2 \omega^2 r} \dots\dots\dots(120)$$

於三極管柵電路中, G 之兩端,接柵漏 (參考第九章三極管用爲檢波器) 此柵漏,即可應用(120)式以計算其相當串聯耗阻,因串聯耗阻關係,得使配諧不銳, (參考第91節) 全機之選擇性不良.

88. 線圈損失

線圈由導線組成,任何導線均有耗阻損失,且於無線電路中,電流之週率極高,因集膚現象,線圈之損失更甚,據實驗結果,凡線圈之長與直徑相等,所用導線爲 13 至 14 號者,其損失較小若立支線 (Litz Wire 此線由若干極細之導線纏以絲線彼此絕緣,相互絞合而成) 其損失更小.

線圈之導線間,按電容器定義,必有許多分佈電容量之存在,其量雖微於無線電路中,能使線圈之損失加大,彌縫之法,惟有於



圈與圈間,留以若干空隙,以減小其分佈電容量,是即謂線圈之間隙繞法也,如第七十四圖.

第七十四圖

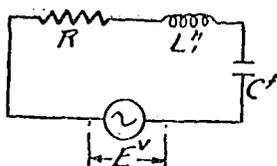
89. 有效耗阻

由前之說，可知耗阻因集膚現象，增加數值，且線圈及電容器亦均有損失，故於電路中，不計其損失之類別，而以電路內電流之平方，除電工率之總損失，所得商數曰有效耗阻，設電工率之總損失為 P (瓦特)，交流為 I (安培) 則

$$R: (\text{有效耗阻}) = \frac{P}{I^2} \dots\dots\dots (\text{歐姆}) \dots\dots\dots (121)$$

90. 迴阻圖表 (Reactance Diagram)

如第七十五圖之電路，根據第三章第61節公式，其總阻 (%) 如下：

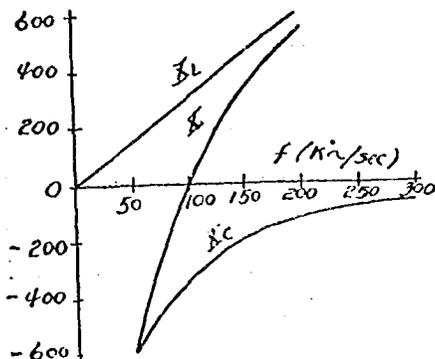


第七十五圖

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{C\omega} - L\omega \right)^2} \text{ (歐姆)} \quad \omega = 2\pi f \text{ 或 } X = X_L - X_C$$

$$\text{而 } X = \frac{1}{2\pi f C} \quad X_L = 2\pi f L$$

X_L , X_C 及 X 均為 f 之函數，若以直角坐標之 x 軸代表 f ; y 軸代表 X_L , X_C 或 X ，而圖表之，可得第七十六圖，專名之曰迴阻圖表。



第七十六圖

X_L 直線即為 $X_L = 2\pi f L$,

$L = 500 \mu\text{h}$

X_C 曲線即為 $X_C = \frac{1}{2\pi f C}$

$C = 0.005 \mu\text{f}$

X 曲線即為

$$X = 1.0 - \frac{1}{2\pi f C}$$

圖中 X 曲線與 X 軸相交於 f 點其坐標為 (f, 0) 或 (100,000), 是即 E 之週率為 f 時, X 為零, 電流最大; Lω 與 1/Cω 適相等; 全電路與所接之 E 相諧振, f₀ 曰諧振週率 (Resonance Frequency). 今以 f = f₀ 代入

$$X = 2\pi fL - \frac{1}{2\pi f_0 C}$$

則得
$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}} \dots\dots\dots (122)$$

故所謂諧振週率者, 即該電路之本身週率也.

91. 諧振曲線 (Resonance Curve)

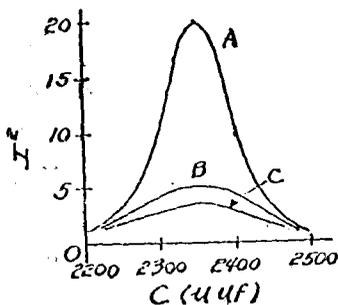
今於第七十五圖電路中已知:

L = 377 μh E = 1.91 伏脫 f = 169,100 週/秒

R = 4.4 Ω 將 C 逐漸改變, 自 2200 μμf 而 2500 μμf. 由

$$I = \frac{E}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{C\omega} - L\omega\right)^2}} \text{ 式, 可知 } C \text{ 變換一次, 必有其相當值}$$

I 或 I², 以 I² 與 C 之各組相當值圖表之, 可得如第七十七圖之曲線 A, 專名之曰諧振曲線, 苟以 R 變為 9.4 Ω 及 14.4 Ω 再行圖表之, 可得相似之 B, C 諧振曲線, 三線中 (I)² 之最大值, 對於 A 者最大, B



第七十七圖

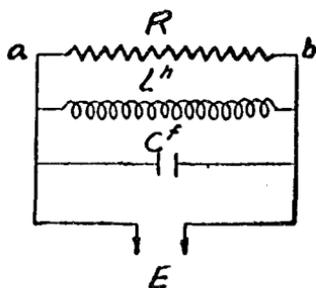
者次之, C 者最小, 其大小不等之理, 由 I² = E²/R² 而推證之, 甚為明顯. 凡無線電路配諧時, 有似 A 之諧振曲線者, 即曰銳諧振 (Sharp Resonance). 蓋至最大 I² 後, 將 C 稍為變換, 即能使 I² 降至極小, 其諧振點 (Resonance Point) 明示易得. 若諧振曲線 C, 其 I² 之

變換極小諧振點甚難辨別，無線電學者均鄙棄之。

前述 A, B, C 三根諧振曲線，固由數式之圖表而來，惟以相當電流表，連入電路，於是變換電容器 (C) 一次，即可測得 I 之相當值，以各組相當值圖表之，可得同樣諧振曲線。

92. 濾波器 (Filter)

如第七十八圖之並聯電路中由第三章第 63 節公式：



第七十八圖

$$I = E \sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\frac{1}{L\omega} - C\omega\right)^2} \text{ (安培)}$$

$$Z = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\frac{1}{L\omega} - C\omega\right)^2}} \text{ (歐姆)}$$

若將 R 拆去，則 ab 間之耗阻為無窮大，或 Z 式中之

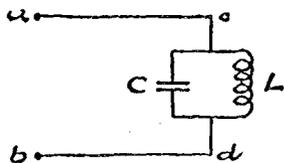
$$R = \infty \quad \left(\frac{1}{R}\right)^2 = 0$$

$$\therefore Z = \frac{1}{\frac{1}{L\omega} - C\omega}$$

若如第七十八圖電路而適合於諧振條件，則

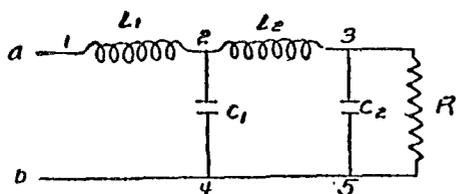
$$\frac{1}{L\omega} - C\omega = 0 \quad Z = \infty \quad I = 0$$

惟於 LC 電路內仍有極大交流，如其本身週率往返振盪理論上電壓 E 無絲毫交流之供給，但事實上，L, C 必有耗阻，振盪時必有損失，其損失之電能，必自 E 供給，故 I 值可為極小，而不能絕對為零，與此種損失相當之耗阻，曰並聯諧振後之有效耗阻，其值極大，據實驗結果，若將接 E 之二點，在 L 上自由移動，諧振情形仍能保持，惟有效耗阻為之減小，如二接點間之距離愈小，其減少愈甚，於三極管電路中，利用此點，運用時調節有效耗阻之適當值，使與管內耗阻相稱，於是三極管之輸出電工率最大。



第七十九圖

如第七十九圖，設電壓之接於 a, b 者，有 E_1 及 E_2 ，其週率為 f_1 及 f_2 ，各不相等，今欲使屬於 E_1 之電流 (I_1)，不在 abod 電路中通行，而對於 E_2 之電流 (I_2) 不生妨礙，則由前述之理，即 LO 之本身週率，與 f_1 相等時， I_1 為最小，因 f_1 與 f_2 不等，故 LO 電路對 I_2 不能使之為最小，此時 LO 電路有濾去 I_1 之作用，故有濾波器之名，無線電上用之甚廣。



第八十圖

濾波器之裝置，有如第八十圖者，設 ab 間有直流電壓 E 又有交流電壓 E_1 ，其週率為 f_1 ， E_2 其週率為 f_2 ，今欲使 R 上僅有直流，而無交流，則 L_1 與 C_1 之配合，應適合於下式：——

$$f_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1C_1}}$$

如是 1,4 二點間對於 f_1 為週率之週阻為容，對 E_1 成短路，交流之由 E_1 產生者，必取道於 a, L₁, C₁, 4b。同理若 $f_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_2C_2}}$ 則交流之由 E_2 產生者，必以 3,5 為短路，如是 R 上僅有直流。

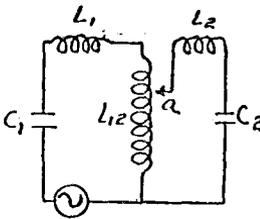
濾波器之種類有三：一曰高界濾波器 (High Pass Filter)，其作用能使高於某週率之電流通過，低於某週率者濾去。二曰低界濾波器 (Low Pass Filter) 其作用適與上述者相反。三曰選界濾波器 (Band Pass Filter) 其作用能使某週率至某週率，一定界限內之電流通過，較小或較大者一概濾去，至其組織，不過以許多耗阻線

隨及電容器，串聯及並聯而成，例如第八十圖，其作用原理，不出以前所述，惟設計上殊為複雜耳。

93. 交連電路 (Coupled Circuits)

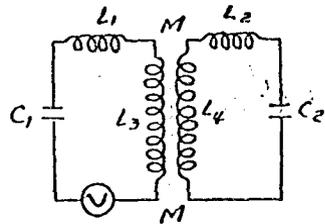
二電路或相鄰安置，或直接並聯，彼此有公共之互感量或電容量或耗阻者，曰交連電路。其交連法有四種：

- 一曰直接磁感交連 (Direct Inductive Coupling) 如第八十一圖
- 二曰磁感交連 (Inductive Coupling) 如第八十二圖
- 三曰電容交連 (Capacitive Coupling) 如第八十三圖
- 四曰耗阻交連 (Resistance Coupling) 如第八十四圖



L_1 與 L_2 間無 M

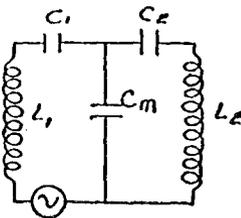
第八十一圖



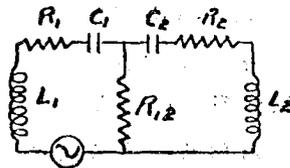
L_1 與 L_2 間無 M

第八十二圖

二電路交連，電能即可彼此受授，凡直接接有電壓者曰正電路



第八十三圖



第八十四圖

(Primary Circuit). 不接電壓由交連而發生者，曰副電路 (Secondary

Circuit). 一電路電流之變化,對他電路電流,有顯著之影響者,此二電路曰緊交連 (Closely Coupled), 有極小之影響者曰寬交流 (Loosely Coupled). 計算交連度之寬緊者,曰交連係數 (Coefficient of Coupling) 普通以 k 代表之,其定義如下式:—

$$k = \frac{X_m}{\sqrt{X_P X_S}} \dots \dots \dots (123)$$

X_m 爲二電路之公有迴阻或耗阻, X_S 爲副電路中之磁感迴阻,或電容迴阻,或耗阻之和, X_P 爲正電路中之磁感迴阻,或電容迴阻或耗阻之和,惟 X_S 與 X_P 之性質,隨 X_m 而變,如第八十一圖:

∴ $X_m = \omega L_{12}$ 故 $X_P = \omega (L_1 + L_{12})$, $X_S = \omega (L_2 + L_{12})$

$$\therefore k = \frac{L_{12}}{\sqrt{(L_1 + L_{12})(L_2 + L_{12})}} \dots \dots \dots (124)$$

如第八十二圖 ∴ $X_m = \omega M$.

故 $X_P = \omega (L_1 + L_4)$, $X_S = \omega (L_2 + L_4)$

$$\therefore k = \frac{M}{\sqrt{(L_1 + L_4)(L_2 + L_4)}} \dots \dots \dots (125)$$

如第八十三圖 ∴ $X_m = \frac{1}{C_m \omega}$

故 $X_P = \frac{1}{\frac{(C_1 + C_m)}{(C_1 + C_m)} \omega}$ $X_S = \frac{1}{\left(\frac{C_2 + C_m}{C_2 + C_m}\right) \omega}$

$$\therefore k = \frac{1}{C_m \sqrt{\frac{(C_1 + C_m)(C_2 + C_m)}{C_m^2 C_1 C_2}}} = \sqrt{\frac{C_1 C_2}{(C_1 + C_m)(C_2 + C_m)}} \dots \dots \dots (126)$$

如第八十四圖 ∴ $X_m = R_{12}$

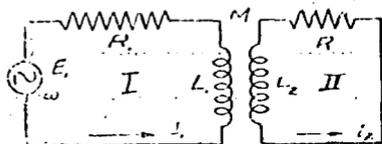
故 $X_P = R_1 + R_{12}$ $X_S = R_2 + R_{12}$

$$\therefore k = \frac{R_{12}}{\sqrt{(R_1 + R_{12})(R_2 + R_{12})}} \dots \dots \dots (127)$$

由前各式欲變換 k 之大小,當不難推得也。

94. 磁感交連電路中之耗阻及自感量

如第八十五圖電路 \$I\$ 成磁感交連, 依 98 式



第 八 十 五 圖

$$E_2 = M \omega I_1$$

$$I_2 = \frac{E_2}{Z_2} = \frac{M \omega}{Z_2} I_1$$

此 \$I_2\$ 得分成二部:—

$$一 爲 I_2 \cos \theta = \frac{M \omega}{Z_2} I_1 \frac{R_2}{Z_2}$$

$$一 爲 I_2 \sin \theta = \frac{M \omega}{Z_2} I_1 \frac{L_2 \omega}{Z_2}$$

\$\theta\$ 爲 \$E_2\$ 與 \$I_2\$ 間之相角, 其值得自 \$\tan \theta = \frac{L_2 \omega}{R_2}\$ 而計算之, \$I_2 \cos \theta\$ 與 \$E_2\$ 同相, \$I_2 \sin \theta\$ 滯後 \$E_2 \frac{\pi}{2}\$, \$E_2\$ 滯後於 \$I_1 \frac{\pi}{2}\$, 但根據互感量定義, \$I_2\$ 於 \$I\$ 電路, 亦有感應電壓, 亦即 \$I_2 \cos \theta\$ 及 \$I_2 \sin \theta\$ 各對 \$I\$ 電路, 有感應電壓, 即

$$I_2 \cos \theta M \omega = \frac{M \omega}{Z_2} I_1 \frac{R_2}{Z_2} M \omega = \frac{M^2 \omega^2}{Z_2^2} R_2 I_1$$

$$I_2 \sin \theta M \omega = \frac{M \omega}{Z_2} I_1 \frac{L_2 \omega}{Z_2} M \omega = \frac{M^2 \omega^2}{Z_2^2} L_2 \omega I_1$$

根據前理, \$I_2 \cos \theta M \omega\$ 滯後 \$E_2 \frac{\pi}{2}\$, 亦即滯後 \$I_1 \pi\$, 與 \$I_1 R_1\$ 之電壓降同相, 得彼此相加而成總電壓降。(電壓降與反電壓相似, 恆與電流反相) 故曰自 \$II\$ 與 \$I\$ 磁感交連後, \$I\$ 中耗阻增加其值如下:—

$$\text{總電壓降} = I_1 R_1 + \frac{M^2 \omega^2}{(Z_2)^2} R_2 I_1$$

$$\therefore \frac{1}{I_1} \text{總電壓降} = R_1' = R_1 + \frac{M^2 \omega^2}{(Z_2)^2} R_2 \dots \dots \dots (128)$$

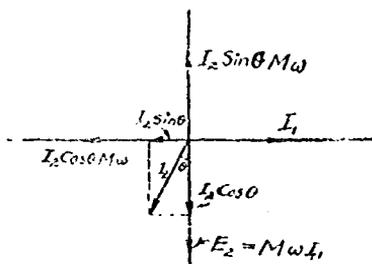
又 \$I_2 \sin \theta M \omega\$ 滯後 \$I_2 \sin \theta \frac{\pi}{2}\$, \$I_2 \sin \theta\$ 已滯後 \$I_1 \pi\$, 故 \$I_2 \sin \theta M \omega\$ 滯後 \$I_1 \frac{3\pi}{2}\$, 亦即超前 \$I_1 \frac{\pi}{2}\$, 但自第 51 節, \$L_1\$ 上之反電壓滯後 \$I_1 \frac{\pi}{2}\$,

與 $I_2 \sin \theta M \omega$ 適為反相得相減而成

$$\text{總反電壓} = L_1 \omega I_1 - \frac{M^2 \omega^2}{(L_2)^2} L_2 \omega I_1$$

$$\therefore \frac{1}{L_1 \omega} \text{總反電壓} = L_1' = L_1 - \frac{M^2 \omega^2}{(L_2)^2} L_2 \dots \dots \dots (129)$$

換言之：自 II 與 I 交連後，I 中自感量減少，其結果如 (129) 式。會合上述之理，以 I_1 為備考線得矢量圖如次，按圖推索，更屬瞭然



第 八 十 六 圖

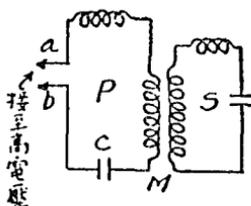
若於第八十五圖 I II 電路，尚有電容量，則將前理推廣，得迴阻公式如下：—

$$X_1' = X_1 - \frac{M^2 \omega^2}{(L_2)^2} X_2 \dots \dots \dots (130)$$

自事實方面觀之，當 I II 電路交連後，I 中電能，必為 II 吸收若干，即 I 中損失增加，故其有效耗阻加大之說，可無疑義。若 I 已與 R_1 成諧振者，自與 II 交連後，即失諧振。蓋因交連之後，自感量減少，而不合於諧振條件故也。

95. 交連電路之自由振盪

如第八十七圖設 ab 間電壓，逐漸增至相當高度時，忽放火花，使 ab 成短路，Q 即放電，發生振盪，振盪流行於 P 電路中，因 PS 間互感量之關係，S 電路內亦發生振盪流。S 與 P 內振盪流之週期

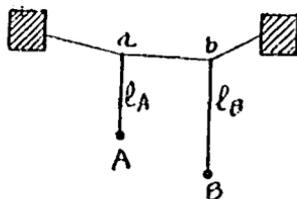


第八十七圖

相同若 PS 之本身週率相等，且互感量 M 為適當之值，則 S 得吸收最大電能，蓋二電路適諧振而電流之值為最大也。如 P 內電能以 C 蓄電時所蓄之電能為限，則自 ab 成短路，發生振盪後，電能既不增加，又不減小，當每次振盪時， P 內電能必自極大而逐漸減小，其減小者，必為 S 所吸收，吸收之量，逐漸加大，至 P 內電能，全為 S 所吸收時而最大。於是 S 為主動， P 為被動， S 內電能，亦復逐漸減小，回授於 P 。振盪電能，回復受授，專名之曰交連電路之自由振盪，以前火花式無線電報，即基於此理，當在第八章論之。

96. 機械上之交連振盪

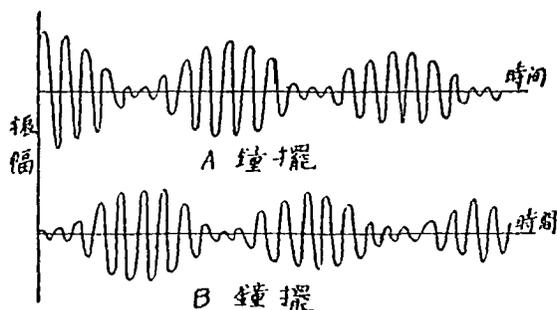
交連電路振盪，以機械上有相同現象者為喻，自易了解，如第八十八圖， AB 為二個鐘擺，繫於同一線上，先將 A 擺動，則 A 之運動，因 ab 線之連結，逐漸傳至 B 。初則 a 點發生單弦運動，由 a 及 b ， B 亦隨之而動，此種擺動，析言之有二類：第一類為鐘擺繫點（如 a, b ）之單弦運動，第二類為鐘擺之本身擺動，故其擺動情形，甚



第八十八圖

屬複雜。當 B 動後， B 之振幅逐漸加大，而 A 之振幅，則逐漸減小，至 A 之振幅為零時， B 之振幅為最大。於是 B 為主動，將其動能，漸傳於 A 。彼此往返受授，相繼擺動不已。若 AB 為等長等重，其振幅最大，而又相等，是猶交連電路諧振，而電流最大也。至振幅一大一小間之時刻，以 ab 線之長短為斷， ab 愈長則交連速度愈小，而時刻愈大，反是則愈小，苟於 A 之振幅極小時，忽將 I_A 線

割斷，則 B 依其本身週率為減幅之擺動，至動能完全消失而止。此種現象，能使 B 之動能，不再反授於 A，免動能往返受授之損失。故於火花式無線電報亦採用之，即所謂速滅式火花隙是也。（參考第八章火花隙之種類）。今將上述情形，圖表如下，以明 AB 振幅與時間之變化。至第八十七圖 PS 內之振盪流，與 AB 之振幅相當，其與時間之關係，亦復類似。且二者均有減幅性，故第八十九圖為減幅振盪之曲線矣。

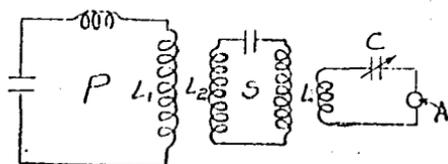


第 八 十 九 圖

如以振盪流與時間圖表之，亦可得同樣曲線。

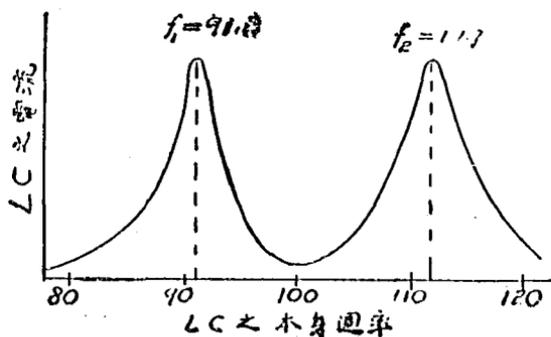
97. 交連電路之週率

如前節所述，當二鐘擺交連擺動時，其擺動情形，甚屬複雜。所謂複雜者，其擺動週率不限一數也。二交連電路之振盪，既與二鐘擺之擺動相似，故振盪流之發生，亦甚複雜。今先用實驗法，以明交連電路振盪時之複雜情形。第九十圖中，P 與 S 為二交連電路，其交連度得變換 L_1 與 L_2 間之距離而變換之。SP 發生自由振盪，其本身週率均為 100。 L_1 與 L_2 之交連係數為百分之二十。另一電路 LCA₁ 置於 S 近旁，O 為變量電容器，A 為熱絲量電表，得測振盪流。



第 九 十 圖

L 與 S 中線圈之交連度，宜極寬不宜緊，將 C 變換至其本身週率為 91.2 時，A 中記數最大，是即 LC 與 S 中所生之振盪流，相諧振也。將 C 繼續變換，至其本身週率為 111.7 時，又使 A 之記數最大，是即 LC 與 S，又有一諧振點也。除前述二數之外，無第三數得使 A 之記數最大，故 S 中振盪流，得證明僅有二種週率，此二週率，均



第 九 十 一 圖

與 P, Z 之本身週率 (100 週/秒) 不等。若以實驗結果而圖表之，可得如第九十一圖之雙峯曲線。再將 L_1 與 L_2 間之距離增加，使其交連係數為極小，則於 LC 內僅有一個 A 之最大記數，此時之諧振週率適為 100。反之，若將 L_1 與 L_2 間之距離減小 (即使其交連

係數大於 0.20), 所得二諧振週率之差數亦較大, 可知 PS 中所生振盪流週率 f_1 及 f_2 , 相差之大小, 隨 PS 交連係數之大小而定, 係數大者相差大, 係數小者相差小, 若係數為極小, f_1 與 f_2 相等, 且為其本身週率, 第九十圖中, LOA 電路, 即為週率表 [Frequency Meter] 與波長表相似, 詳於無線電測驗章。

由數理分析, PS 之本身週率或等或否, 其振盪流必有兩種週率, 此兩週率彼此不等, 若 PS 之本身週率相等, 則振盪流之兩週率如下:

$$f_1 = \frac{f_0}{\sqrt{1+k}} \dots (\text{週/秒}) \dots \dots \dots (131)$$

$$f_2 = \frac{f_0}{\sqrt{1-k}} \dots (\text{週/秒}) \dots \dots \dots (132)$$

(131)(132) 二式證明, 踰越本書範圍從略。[請參考 (Morecroft Principles of Radio Communication P. 119 ~ 121)]. 式中 f_0 為 PS 之本身週率, k 為 PS 之交連係數, 若 k 為極小, 則前二式得變成下式:—

$$f_1 = f_2 = f_0 \dots \dots \dots (133)$$

以前謂二週率, 於 k 為極小時, 相等之說, 自 (133) 式觀之, 更屬顯然。

無線電傳訊隨振盪流所生之電波, 藉為傳遞, 若振盪流有二種週率, 則電波亦有二種週率, 彼接訊者, 僅能檢測一波, 他波無用, 減少效率, 故無線電工程家, 恆將 PS 之交連度, 特別調節, 避免二週率之同時產生。

例題 1. 試應用 (132) 及 (131) 二式, 以證明第九十三圖圖表之不誤。

(解) 已知 $f_0 = 100$ $k = 0.20$

$$f_1 = \frac{100}{\sqrt{1+0.2}} = 91.2 \quad f_2 = \frac{100}{\sqrt{1-0.2}} = 111.7$$

適與九十一圖中所示者符合。

例題2. 於第九十圖中已知:

$$C_P = 100 \mu\text{pf} \quad L_P = 169 \mu\text{h}$$

$$C_S = 139.6 \mu\text{pf} \quad L_S = 121 \mu\text{h}$$

PS 間之 $M = 25$ 及 $2.5 \mu\text{h}$

試求 f_1 及 f_2

$$\begin{aligned} \text{(解)} \quad f_P &= \frac{1}{2\pi \sqrt{L_P C_P}} = \frac{1}{2\pi \sqrt{100 \times 10^{-12} \times 169 \times 10^{-6}}} \\ &= 1.224 \times 10^5 \text{ 週/秒} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_S &= \frac{1}{2\pi \sqrt{L_S C_S}} = \frac{1}{2\pi \sqrt{139.6 \times 10^{-12} \times 121 \times 10^{-6}}} \\ &= 1.224 \times 10^5 \text{ 週/秒} \end{aligned}$$

$$k_1 = \frac{M}{\sqrt{L_P L_S}} = \frac{25}{\sqrt{169 \times 121}} = 0.1748 \quad k_2 = \frac{2.5}{\sqrt{169 \times 121}} = 0.01748$$

$$\text{用 } k_1 \therefore f_1 = \frac{f_P}{\sqrt{1+k_1}} = \frac{1.224 \times 10^5}{\sqrt{1.1748}} = 1.128 \times 10^5 \text{ 週/秒}$$

$$f_2 = \frac{f_S}{\sqrt{1-k_1}} = \frac{1.224 \times 10^5}{\sqrt{.8252}} = 1.345 \times 10^5 \text{ 週/秒}$$

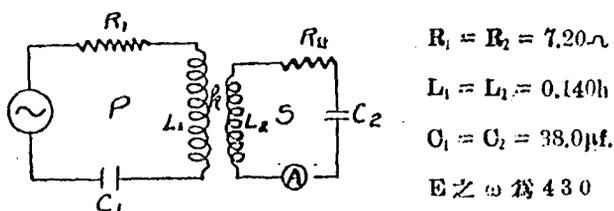
$$\text{用 } k_2 \therefore f_1 = \frac{1.224 \times 10^5}{\sqrt{1.01748}} = 1.214 \times 10^5 \text{ 週/秒}$$

$$f_2 = \frac{1.224 \times 10^5}{\sqrt{.98252}} = 1.234 \times 10^5 \text{ 週/秒}$$

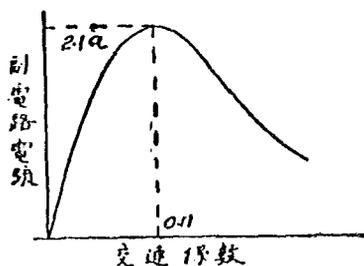
98. 交連係數與副電路電流之關係

如第九十二圖, SP 為二交連電路, k 為交連係數, 得變換 L_1 與 L_2 間之距離, 以變換 k 之值, P 電路內接有交流電壓 E 使成強迫振盪, S 電路接有熱絲電流表, 以測 S 內之電流 P 與 S 內耗阻, 自感量及電容量之值如圖所示, 均相等, 並與 E 成諧振, 以常識而論, k 小則 S 電流小, k 大則 S 電流大, 惟以其實驗結果而圖表之,

如第九十三圖所示之曲線按諸前說僅為曲線上一部份之適合，待 k 至一定數後（約為 0.11），前說適成其反。可知 k 為最大值「即 L_1 與 L_2 之距離最小」時， S 電流下為最大，反為最小，應用無線電機者，應特別注意之。



第 九 十 二 圖

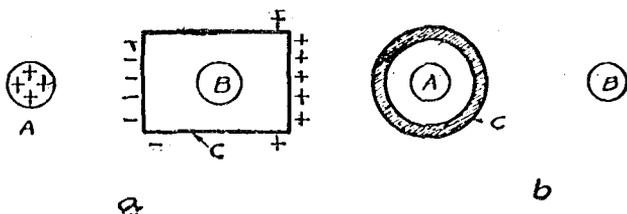


第 九 十 三 圖

99. 隔離 (Shielding)

於無線電收發報機中，線圈與電容器縱橫棋布，彼此磁感及電感作用，殊難避免，因此各電路之效率減低，甚至消失功用。故設計及製造無線電機者，對此困難殫精研究，力圖避免。法之最有效者為間隔，即以每組電路置於金屬片之箱內，箱之形狀，可以不計，惟須良導片製成。於低週率電路，鐵片勝於銅片；高週率電路銅片勝於鐵片。若週率為 1300，則銅鐵片之效果相等。亦有以鋁片代銅

片者，蓋鉛片較輕，得減全機重量，至間隔之理，得讀第九十四圖而明之。



第 九 十 四 圖

如第九十四圖 a, A 為荷有正電之體, B 為任何機件或任何電路, 置於金屬箱 C 內, 按靜電學原理, A 之電感作用僅能及於 C 之表面, 而不能達於 B, 反之, 以 C 接地, 並將 BA 對調得同樣效果。

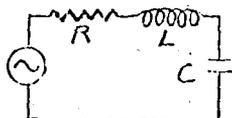
如第九十四圖 b A 為磁鐵, C 為比磁感極高之金屬箱, B 與前述者同, 按磁感應原理, A 對 B 無磁感作用, 將 AB 對調得同樣效果, 若 A 不為磁鐵, 而為通電流之導線, 則情形大異, 惟以 AB 對調, B 可不受 A 之電磁感應, 反之, C 無間隔效用。

習 題

1. 已知柱形線圈之 $l = 3''$, $2R = 3''$, 所用導線為雙層紗包第二十四號銅線, (D.C.C. No. 24) 共有 101 圈, 求其自感量。
2. 如前題已知 $l = 2''$, $2R = 2.5''$, 所用導線為 D.C.C. No. 22, 共有 57 圈, 求此線圈之自感量。
3. 今以第 1 題中之柱形線圈, 與一 $0.00035 \mu\text{f}$ 之電容器, 組成自由振盪電路, 試求其本身週率。
4. 今以第 2 題中之柱形線圈與一 $0.0005 \mu\text{f}$ 之電容器, 組成一自由振盪電路, 試求其本身週率。
5. 已知單根直立導線之 $l = 30'$, $2r = 0.0808''$ (即 No. 12) 試求其 L。

6. 已知單根水平導線之 $l = 100'$ $h = 30'$ $2r = 0,102'$ (即 No. 10) 試求其 L .
7. 今有二十三片之變量電容器,每片為半圓形,其半徑為 $1,5'$, 片與片之距離為 $\frac{1''}{16}$. 問此電容器之最大電容量 (即片與片之全面積彼此相對時之電容量) 為若干?
8. 求第 5 題單根直立導線之電容量.
9. 求第 6 題單根水平導線之電容量.

10. 如圖

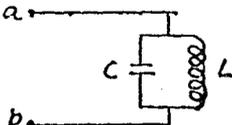


測得其電工率之總損失為 1 瓦特,交流為 $0,25\lambda$, 試求其有效耗阻.若 R 與 L 之耗阻為 15Ω , 試求 C 之電工率損失.若電路

內之電壓極低,問 C 之損失為何種?

11. 如第 10 題電路中之 L 為 $350 \mu\text{h}$, C 為 $500 \mu\text{f}$, 試求其諧振週率.
12. 如第 11 題中之 C 為變量電容器,其最大電容量為 $500 \mu\text{f}$, 最小者為 $10 \mu\text{f}$, 試求 C 為最小值時之諧振週率.
13. 測得某線圈之自感量為 $3500 \mu\text{h}$, 本身波長為 150 米.試求此線圈之分佈電容量.假定其分佈電容量與線圈為並聯.

14. 如圖



$$C = 1 \mu\text{f}$$

$$L = 25,3 \text{mh}$$

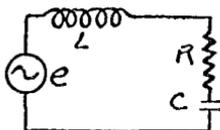
問 L, C 對於何種週率之交流,有濾波器作用?

15. 今有二種電壓接於 ab 間,如第 14 題附圖.其第一種電壓之週率為 $1,000,000$ 週/秒,第二種電壓之週率為 $1,200,000$ 週/秒,若 L 為 $200 \mu\text{h}$. 問 C 為何值時,對於第一種電壓所發生之交流,

始有濾波作用?

16. 於第八十四圖已知: $R_1 = 10,000 \Omega$ $R_2 = 200,000 \Omega$
 $R_{12} = 500,000 \Omega$ 問 $k = ?$
17. 如第八十七圖 P 與 S 相諧振而發生自由振盪,今測得其週率一為 500,000 週/秒,一為 1,000,000 週/秒,問 k 爲若干?
 若 $L_P = 350 \mu\text{h}$ $L_S = 300 \mu\text{h}$, 則 M 爲若干?

18.



$$R = 2 \Omega$$

$$L = 200 \mu\text{h}$$

$$C = ?$$

$$e = 20 \sin 2\pi (100,000)t$$

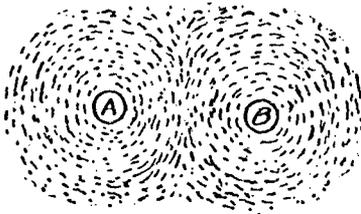
問 C 爲何數時,上圖電路與 e 爲諧振.

19. 如前題假定 C 之值,試繪一諧振曲線.
20. 於第八十二圖已知 $L_P = 0.2\text{h}$ $L_S = 0.6\text{h}$ $M = 0.05\text{h}$
 問 k 等於若干?
21. 於第八十一圖,已知 $L_1 = 0.12\text{h}$ $L_2 = 0.52\text{h}$ $L_{12} = 0.08\text{h}$ $k = ?$
22. 於第八十三圖已知: $C_m = 0,0001 \mu\text{f}$ $C_1 = 0,00035 \mu\text{f}$
 $C_2 = 0,00025 \mu\text{f}$ 問 k 等於若干?
23. 二交流電路之本身週率,均爲 1,000,000 週/秒,其交連係數爲 0.145, 問此二電路之振盪流週率各爲若干?
24. 如第九十圖, L C A 電路中之 L 爲 $200 \mu\text{h}$, C 之最大值爲 $0,00025 \mu\text{f}$. 用以測第 23 題 PS 之週率,問可得諧振點若干?於諧振點時, C 應爲若干?若僅得一諧振點時,是否可證明 PS 之週率僅爲一數?
25. 試述二電路交連係數極大時之害處.

第六章 無線電波 (Radio Wave)

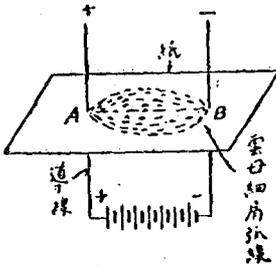
100. 磁力線與電力線之關係

如以二導線垂直的通過一張在水平面上之白紙，當導線通電時，鐵屑散於紙上，即成許多鐵屑線圈，以導線為圓心而圍繞之。其情形似第九十五圖，圖中 A B 為導線之橫斷面，圍繞 A, B 之曲線為鐵屑線圈。此即表現磁力線之存在及分佈。



第九十五圖

如以白紙下面之導線兩端接至高電壓，在白紙上面者，使其分離不接。於是電流不通，電線荷電，接法如第九十六圖，以雲母 (Mica) 細屑散於紙上，即成弧線，自 A 而 B，是即表現電力線之存在及分佈。

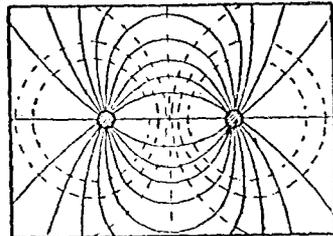


第九十六圖

線與電力線之分佈，僅以水平面白紙為限。要知荷電體之發生電力線，以體為極，散佈空間。

將磁力線與電力線合繪一圖可得第九十七圖，按圖細察，得知磁力線與電力線彼此相垂直者也。上述磁力

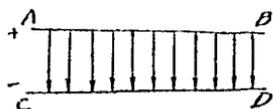
將磁力線與電力線合繪一圖可得第九十七圖，按圖細察，得知磁力線與電力線彼此相垂直者也。上述磁力



第九十七圖

故廣言之，彼自 A 而 B 之電力線，密佈於其間之許多曲面上，第九十六圖所示者，乃紙面與曲面之相交線而已。磁力線亦然，當 AB 二導線通電時，彼磁力線自上而下，密佈於許多以 A, B 為同心軸之圓柱面上，第九十五圖所示者，乃紙面與圓柱面之相交線而已。

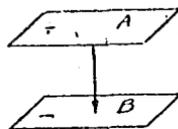
如第九十八圖，設 A 荷有正電，C 荷有負電，各以 AB 及 CD 兩線接上，如 B, D 兩端不接，則 AB 及 CD 兩線均荷電，中間即有許多電力線，圖上所示者，僅以其 ABCD 平面內之直線電力線表出，為繪圖與說明之方便計也。彼電力線自正電子而負電子，因正負相



第九十八圖

吸之理，BD 二端為之吸近稍許，若將 BD 二端相接，則 CD 上之電子得直接流至 AB，與 AB 上之正電子相中和，各電子之電力綫向 D 移動，至 BD 相接處而消滅，電子移動，即為電流，電流一通，即生磁力線，故曰當電力線移動時，必有磁力線發生，按右手定律，此磁力線所在之平面，與電力線成直角。

如第九十九圖 A, B 二金屬片不相連接，A 荷有正電，B 荷有負電，A B 間按上述之理，必有許多電力線自 A 而 B。將 B 固定使



第九十九圖

A 旋轉（其地位仍不動），如是電力線亦必在 A B 間旋轉，按實驗證明，此時亦有磁力線發生，仍與電力線成直角，故曰在任何情形中，凡電力線移動或旋轉時必有磁力線產生。

101. 波之發生

設以麻繩 AB, B 繫於牆，A 執於手，若執 A 之手，上下迅速運動之，A, B 之波動即成，如第一百圖。



第 一 百 圖

波之行動，自 A 至 B，抵 B 後反射回至 A，而波繩本身則否，特其繩之各小部分，上下往返運動而已。故波之動為前後的或橫的；繩之動為上下的或縱的，以石投水，彼石與水面相擊之處，受石排擠，而上升於水平面之上，因大地吸力，上升者下降，下降時依惰性作降至水平面之下，於是鄰近水面，受同樣排擠，上下升降，水波遂成。水波之動，以石擊處為中心，而輻遞於遠方。

由上二例，可知波之發生，必有物之振動為其發源地；又必有相當媒質為其行程。初則物動於媒質之某處，因媒質之動而傳動能於他方。若物之振動為週期的，則其四鄰媒質之振盪，亦為週期的。若物體停止振動，則媒質振盪，暫時保存，待他種阻力，使動能完全消失而止。

102. 無線電波

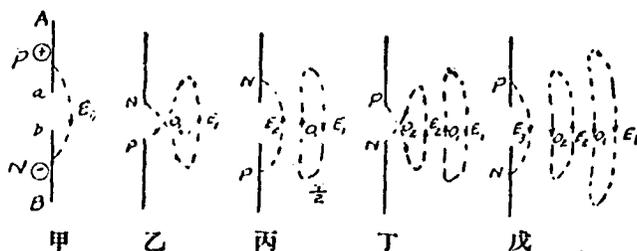
無線電波，既為波動之一種，必有相當條件，以適合其發生，可無疑義。電波媒質為以太，在此以太中，發生振動者為振盪電流。至以太為何物，且於宇宙間是否存在，迄今尚未有圓滿之解說。

無線電波，析言之，有二部分：一曰電力線波，由電力線組成；二曰磁力線波，因電力線波之移動而產生，其組成者為磁力線。茲分述之：

甲. 電力線波

電力線有兩種特性：一具有彈性，在以太內，使之彎曲時得成

有規則之曲線。二凡二電力線之並行同向者相拒，並行異向者相吸。

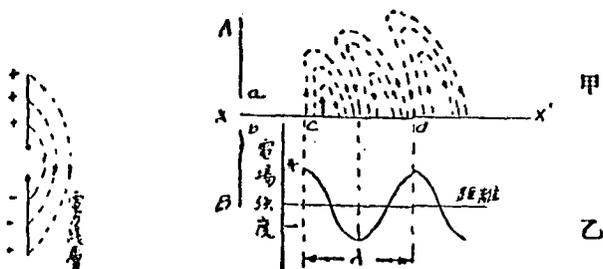


第一百零一圖

如第一百零一圖甲，AB 為等長之導線，在一直線上。「即赫志式天線，詳天線章」中間有空隙 ba ，接至直流電壓，A 荷有正電，B 荷有負電。當電壓至極高度時， ab 間之通感體破裂，生火花而成導體。因 AB 有分佈自感量及電容量，適成振盪電路，發生振盪流。設其振盪週期為 T 秒，則 $\frac{T}{2}$ 秒後，B 荷正電，A 荷負電。再經 $\frac{T}{2}$ 秒後，AB 上荷電之正負，回復最初狀態。今為便於說明計，假定 AB 自荷電之後，僅有正負電子 P (+) 及 N (-)，如第一百零一圖甲所示。PE₁N 點線為自 P 至 N 之電力線。待 AB 發生振盪流後，則 P 向 B 流動，N 向 A 流動，PE₁N 隨之彎曲，因有彈性，故彎曲後如第一百零一圖乙。此時 PE₁N 成一有規則之圈結，相交於 O₁。其各部分，因同向相拒，異向相吸之理，電力線於 O₁ 分離，自成一圈，如第一百零一圖丙。此時 P 與 N 位置對調，故由甲圖而變成丙圖之時間，適為 $\frac{T}{3}$ 。E₂ 與 O₁ 相拒，O₁ 與 E₁ 相吸，於是 O₁E₁ 向右而進，且因相吸之故，逐漸伸長。E₂ 與 O₁ 長短不同，拒力不勻，相對之部較大，漸向二端而漸小，故有丙圖之彎曲。再經 $\frac{T}{3}$ 後，電力線 PE₂N 必經過如丁圖之狀態，而後成戊圖。至中間蜿蜒之理，與前述者相同。如振盪流

不已，則PN在AB上之往返亦不止。於是電力線圈如 O_1E_1, O_2E_2 等，相繼發射遂成電力線波。然PN間之電力線，環繞AB之旁而密佈空間。第一百零一圖所示者，僅為在紙平面內，AB右邊之情形，AB左邊，亦必有相似者，故AB左右二邊之電力線圈，相對排列，左右分佈，而以AB為對稱軸。做此推廣，凡在空間含有AB之平面，均有上述之電力線圈。故曰電力線波，不論任何方向而發射之。

更有進者，如第一百零一圖甲，當A、B荷電後，AB上所荷正負電子不知凡幾，每對正負電子之電力線，依其AB上之位置，成電力線層，如第一百零二圖。當振盪流發生後，電力線圈之如 O_1E_1 等者，亦必成層，如第一百零三圖甲。觀第一百零一圖戊，凡電力線



第一百零二圖

第一百零三圖

圖與AB之中心垂直軸「即 $X'X$ 」相對稱。故第一百零三圖甲中，所表之電力線層，僅為對稱軸之上面者，其下面者省去。

且於ab間未生火花以前，有電位差，及發生火花以後，ab間以火花為短路，而電位為零。故沿 $X'X$ 軸之電位均為零。凡包含 $X'X$ 軸而垂直於AB之平面，其電位亦為零，因有零電位面 (Zero Potential Surface) 之名。

電場強度 (Strength of the Electric field) 恆以單位面積內所有電力線之多少為計算。觀第一百零三圖甲，電力線之方向，有時向上，有時向下；至其前進時之排列，由密而疏，取反對方向，再由疏而密。若以電力線之向上者為正，向下者為負，則其電場強度之變化，當如第一百零三圖乙之波狀曲線。自 o 至 d 之時間，如前所述，適與振盪流之週期相等，以週期乘波速，即得波長。故自 o 至 d 之距離，必為電力線波之波長 (λ)。由此觀之，第四章第 74 節所述：

$\lambda = 1,885 \times 10^3 \sqrt{LO}$ (米突) 之公式，不難證明矣。

乙. 磁力線波

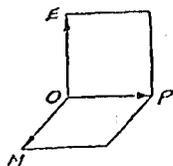
由第 100 節所述：凡電力線移動，必產生磁力線。電力線波移動之說，既如上述，故同時有磁力線波之產生，可無疑義。電力線密者，其移動時產生之磁力線亦密。電力線疎者，其移動時產生之磁力線亦疎。故磁力線波中，磁力線疎密之排列，與電力線疎密之情形相似。特磁力線波所在之平面，與電力線波所在之平面，成直角耳。

磁力線波又稱曰發射磁場，與上述電力線波合言之曰無線電場 (Radio Field)。發射磁場與振盪流直接產生之感應磁場 (Inductive Magnetic Field) 不同，前者與電力線流同相，後者與振盪流同相。且由實驗證明，感應磁場僅分佈於天線四周甚近之處，其強度與天線離距之平方，成反比。故距天線較遠之處，即無感應磁場。發射磁場之強度與天線距離成反比，隨電力線波同進，得存在於距天線較遠之地。

103. 無線電波之發射

由前所述，可知電力線波與磁力線波之週期，波長相等。且磁力線波由電力線波之移動而產生，故曰電力線波與磁力線波，在以太中，同時發射。空間某點，感受磁力線波之作用者，同時必感受

電力線波之作用若電力線波而消滅則磁力線波亦隨之而滅特電力線波在垂直面內變換其方向及強度而磁力線波在水平面



第一百零四圖

內變換彼此垂直之外，又與其發射方向相垂直。今以第一百零四圖表之，藉明其關係。圖中OEP為垂直面，OMP為水平面，OP為二波前進之方向。OE代表電力線，OM代表磁力線。OP，OE及OM三者彼此互相垂直。

104. 發射電工率 (Radiated Power)

無線電波自天線發射，必含有若干電工率。此電工率發射之後，不能回至天線，故可以天線損失之一部分視之。此種損失，專稱之曰發射電工率。電學上討論各種損失，均推之於耗阻。做成此發射電工率者，曰發射耗阻 (Radiation Resistance)，用算式表之如下：

$$P_r = I_s^2 R \dots\dots\dots (134)$$

P_r : 發射電工率 (瓦特)

I_s : 天線電流 (安培)

R : 發射耗阻 (歐姆)

發射電能與發射耗阻成正比。天線效率愈高 (即發射電能愈大) 發射耗阻愈大，反之，則愈小。發射耗阻之大小，得依下式而計算其近似值。

$$R_r = 1.58 \times 10^3 \left(\frac{h_s}{\lambda} \right)^2 \dots\dots\dots (\text{歐姆}) \dots\dots\dots (135)$$

h_s : 天線之有效高度 (Effective Height) (米突)

λ : 發報波長 (米突)

普通 h_s 約為天線平均高度之十分之六， λ 較天線之本身波

長長少許,以 (134) 式代入 (135) 式得

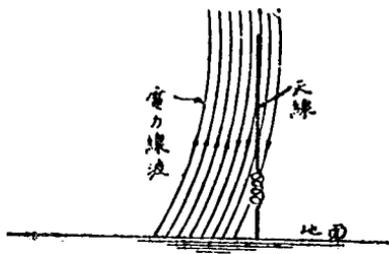
$$P_r = 1.58 \times 10^3 \cdot \left(\frac{I_s h_1}{\lambda} \right)^2 \dots\dots\dots (\text{瓦特}) \dots\dots\dots (136)$$

例題 天線電路內電流為 2° ,發報波長為 900m。天線之有效高為 12.2 米突,求發射電能。

$$\begin{aligned} (\text{解}) \quad P_r &= 1.58 \times 10^3 \left(\frac{I_s h_1}{\lambda} \right)^2 \\ &= 1.58 \times 10^3 \left(\frac{2 \times 12.2}{900} \right)^2 = 23.5 (\text{瓦特}) \end{aligned}$$

105. 無線電波之接收

無線電波前進時,電力線及磁力線波相依而行,故欲解說無線電波所以能接收之理,可分析言之。今為簡捷計,設收音台之天線為一單根直立之導線,下面裝有地線。當電力線與天線接觸時,如第一百零五圖,則因感應之理,天線上發生許多電子。因電力線之方向依時而變,電子之正負亦依時而變,在天線電路內得無線電流。由磁力線方面觀之:磁力線在水平面內變換方向,當其前進經過天線時,天線四周之磁場強度,忽強忽弱,得感應電流。因磁力線波



第一百零五圖

之方向,依時而變,電流方向,亦依時而變,在天線電路內,得無線電流。然電力線波與磁力線波,同時並進,同時與天線相接觸,故二者因感應而在天線電路內,發生之無線電流,亦屬同時,並為同物。以上分言之故,無非使學者易於了解,幸勿誤會為二種無線電流而須相加之,以得其總電流也。且自電波之發生觀之,發生此電波

者僅爲一種振盪流，則由此電波所感應而生之振盪流，亦必爲一種，更無疑義。

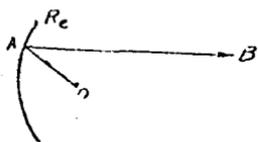
106. 無線電場強度之單位

發射電工率之計算，可應用(136)式以求其近似值。惟電波發射後，又因反射、曲折及吸收等種種關係，其強度必愈離發報台而愈降。爲測定發報台能達之實在距離計，非正確測量其電場強度不可。測量時之公用單位爲伏脫/米突 (Volt/Meter) 千分伏脫/米突 (Milli-volt/Meter) 及 兆分伏脫/米突 (Micro-volt/meter) 等三種。所謂某地無線電場強度一伏脫/米突者，即在某地收報機天線之有效高度一米突內，所接得之電壓爲一伏脫也。普通收報機於10兆分伏脫/米突之無線電場內，可得成音度清晰之電訊。收報機天線之平均有效高度爲五米突，故產生此電訊之最小電壓約爲50兆分伏脫。將發報台四鄰等強度之各地，連成曲線曰等強度線 (Equal Signal Strength Lines)，集許多等強度線所繪成之圖樣曰無線電場強度圖 (Radio Field Strength Maps)。

107. 無線電波之性質

電波與日光同性同速之說，早於第二章提及，茲分述其反射而折分極諸性如下：

反射 如以發生射電流之振盪器，置於拋線狀反射器之焦點上，則前進電波，抵反射器面後，反射而取水平方向。情形與探視

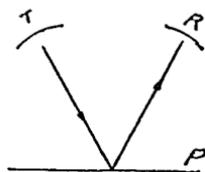


第一百零六圖

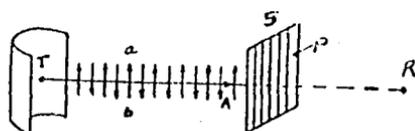
燈之回光相似。第一百零六圖中 R 爲反射器，O 爲振盪器，適在反射器之焦點。O O A 爲電波前進之方向，A B 爲該電波反射後前進之方向。

如第一百零七圖，T 爲振盪器，R 爲檢波器，（用以檢測自 T 發生之電波者也）T 與 R 均附有反射器，今以 TR 置於極大金屬片之一方，當電波自 T 至 P 之入射角（Angle of Incidence）等於自 P 至 R 之反射角（Angle of Reflection）時，R 可測得 T 之電波，否則無效，由此實驗，電波之有反射性，更屬顯然。

分極（Polarization：如第一百零八圖 T 爲振盪器，後面附有反射器，a b 等爲電力線波，在一垂直面內（其同伴磁力線波在圖中並未表出），T A 爲其前進之方向，R 爲接收機，今以銅條網 S，置於 TR 中間，S 由 P 等銅條組成，彼此平行，不相連接，若 P 等與 a b 等平行，則無線電波至 S 後，因感應作用使 P 等發生電流



第一百零七圖

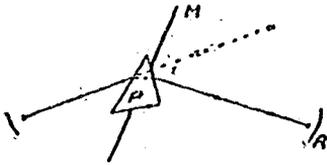


第一百零八圖

於是無線電波一部分爲 S 吸收，又一部分爲 S 反射，故在 R 無電波可收，如以 S 上之 P，變換位置與 a b 等相垂直，則 R 接收電波甚易，與無 S 等，蓋因銅條 P 等，適與 a b 相垂直，無靜電感應，與磁力線相平行，無磁電感應，遂無吸收及反射作用，換言之，S 對無線電波之前進，無絲毫妨礙，苟以 P 等自上述之位置不論前後，旋轉 45° ，則 a b 等電力線波抵 S 時，即得分解爲二部分，一部分與 P 垂直，因垂直而前進無阻，又一部分與 P 平行，因平行而被 S 吸收反射之，故在 R 仍得接收較弱之電波也，至電波可以分解爲部分之理，與力之得分解爲直角及水平分力之理相似，上述三種現象，爲

無線電波之分極。

曲折：如第一百零九圖，P 爲柏油三角柱體 (Prism)，兩旁附有極大之銅片 M，得使電波反射，故自 T 來之電波一部分爲 M



第一百零九圖

反射，一部分僅能取道於 P 而前進，今以接收機 R，在 M 右面置於不同之地位，以檢測自 T 來之電波，其最強之結果在圖中實線上，而不在自一直線前進之虛線上，情形若此，爲無線

電波之曲折。

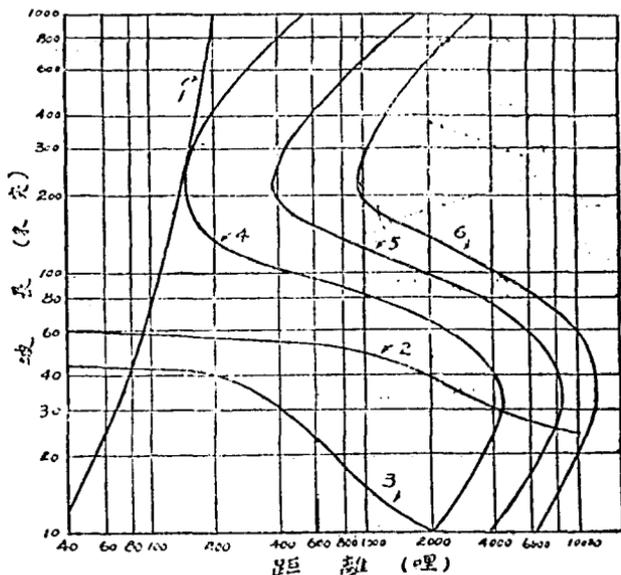
108. 天波與地波 (Sky and Ground Waves)

無線電波自天線發射後，以天線爲中心，向各方輻射，有沿地面前進者曰地波，有直射天空者曰天波，地面因組織之不同，異其導電之優劣，對無線電波恆有吸收，作用短波被地面吸收者最甚，長波則較次，故短波通訊，於遠距離內，全恃天波爲傳遞，其地波幾全爲大地所吸收，長波通訊，則恃地波爲傳遞，亦因地而吸收之故，報程爲之減短，彼長波電台之於遠距離通訊而電工率須特別增加者以此也。

109. 短波之特性

攜短波收報機，漸離發報台，以測電訊強度，則得電訊成音度，低降極速，數哩之外，已覺無訊可收，卽以發報台電工率增至幾千瓦特，結果亦復如是，蓋其地波全爲地面所吸收故也，繼續前進，數百哩內，電訊之不可收如故，此數百哩，專稱曰岑靜區域 (Zone of Silence)，待收報機攜至一千哩外後，電訊易收，成音不弱，此種現象，專稱曰間隔 (Skipper Distance)，間隔距離，又隨波長，月季及時日等之變換而變，其詳細情形如第一百十圖，圖中曲線，乃以五基羅

瓦特發報機及電場強度10千分伏脫米突為標準精細測驗得之。



- 1: 地波能達之最遠距離
- 2: 在冬季夜間天波能達之最近距離
- 3: 在日間天波能達之最近距離
- 4: 日間最遠距離
- 5: 在夏季夜間之最遠距離
- 6: 在冬季夜間之最遠距離

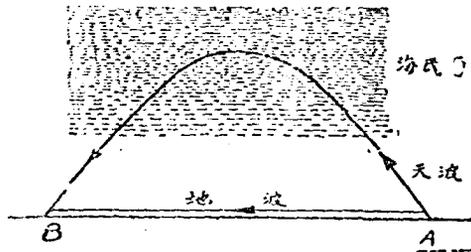
第一百十圖

第一百十圖中,各根曲線之說明,略如上述,設發報波長為100米突,自第1曲線,可知收報機置於125哩以內,得接電訊,過於此即不能,為40米突者,則于70哩內得接電訊,其餘可做此類推。若40米突之收報機,在距發報機4哩以外,繼續遠離,則自第3曲線可

如於日間200哩處，或自第2曲線，於冬季夜間1900哩處，又能接得電訊，且自第6曲線，在冬季夜間，40米突電波之最遠距離為13000哩，故此種電訊，在冬季夜間，於1000至12000哩範圍以內，均能接收，至以上所謂若干哩者，乃於第一百十圖，自縱軸40米突，引一橫線，與第1第3及第9等各根曲線之相交點，所指之距離也。

110. 海氏層 (Heaviside Layer)

短波特性，約如上述，考其變幻之跡，除波長外，日夜之分關係殊大，換言之，於通報區域內，日光之有無，及強弱，對短波行程有密切關係，故解說短波特性者，謂上層空氣，經過日光，即成電化，具半導電性，天波抵此，為之反射或曲折，彼反射者回至地面，遂能接收，其情形如第一百十一圖，發明此說者，為英人海氏及美人開氏 (Kennelly)，學者謂此層電化之空氣曰開氏與海氏層，今簡稱曰



第 一 百 十 一 圖

海氏層，其與地面距離約在100至200哩，日間距地面較近，日落後其一部分空氣，漸失電化，離地漸遠，故日夜間報程亦因之不同。

111. 衰落 (Fading)

於發報台較遠之處，所接電訊，短時間內，忽成強弱，是謂衰落，衰落成因，無非由天地波之相互干擾，若收報處接得天地波為同相者，則相加而使電訊強度加大，為異相者，則相減而使電訊強度

變小，甚至相消無聞。至左右天地波之爲異相或同相者，厥惟天波行程之長短。天波抵地，由於反射，故其行程之長短亦視海氏層之高下爲轉移。若海氏層忽高忽下，則天波行程忽長忽短。地波行程爲發報台與收報處之距離，固定不變，與變者遇，忽爲同相，忽爲異相，故電訊遂因之強弱。

112. 天電 (Atmospherics or Statics)

無線電接收中，最感困難者，爲天電干擾。雖研究有時，迄今尙未有完滿解說及優良避免之法。類別之，約有三種：

1. 成音洪大，如破裂聲而來，勢急切短促者。此種電干擾，對無線電接收之影響尙小，其來源乃自遠地之雷震。
2. 成音微細，甚似下雨聲或水流聲者。其來源乃自黑色荷電之雲，有時與天線接觸，放電於地，藉天線爲導，因成斷續電流，作用於接收機，發生干擾。
3. 成音啞嚙連續，如牆崩壁倒，磚瓦下墜聲者。此種干擾，對接收機影響最大，盛夏初秋，每晚必聞。倘電訊甚強，干擾得減弱。

上述三種天電之性質，強弱及方向等均隨氣候、年季、時日及收發報機之地位而變。據最近報告，其干擾程度，夏甚於冬，長波甚於短波，每晨日出時最弱，如以線圈天線置於東西方向，所受干擾最強。至避免之法，有用二座接收天線者，有用線圈天線者，其成效僅能將干擾減弱，未能將干擾全免。

習 題

1. 試以五十字，略述無線電波之大概。
2. 若收音機之天線，與播音機之天線相並行時，收得之音最強。若互相垂直時，則最弱，試言其理。

3. 天線愈高則收得電訊愈強何故?
4. 天線位置須在空曠之地何故?
5. 用極好之收音機,在徐家匯難收日本東京播音台之音樂,在杭州則甚易,何故?
6. 據無線電收音者之報告,在天津用一座真空管之收音機能收上海開洛公司播音台之音樂,在南京用二座真空管之收音機,尚屬勉強,試言其故.
7. 短波發報機較長波發報機所需電工率小,而通報距離大,試言其故.
8. 某天線之平均高度為六十呎,天線電路內電流為四安培,發報波長為六百米突,試求其發射電能.
9. 試求前題之發射耗阻.
10. 設計發報機時預定發射電能為五百瓦特,波長為五十米突,天線電路中電流為一安培,試求天線應有之平均高度.
11. 據無線電收音者之報告,在南京玄武湖接收中央廣播電台之音樂不須配諧,在城南同時接收須配諧,試以無線電發射之理,以解釋之,玄武湖與中央廣播電台極近.
12. 如前題在玄武湖接收處,除去天線,以接播音,是否有諧振點,試解釋之.
13. 試舉一例,以明電力線移動而發生磁力線之說
14. 試略述電波前進時之特性現象
15. 上海高大房屋多以鋼骨水門汀為牆,用線圈天線在房內收音,甚屬微小,若將線圈天線置於窗外,則收得之音忽變強大,何故?
16. 設發射電工率為 560 瓦特,天線電路內之電流為 6 安培,試求天線之發射耗阻.

-
17. 如前題若發射波長不變,惟電流增至15安培,試求發射電工率。
 18. 如16題若發射波長增一倍,則發射電工率爲若干?
 19. 某收報機天線之有效高度爲30呎,其有效耗阻在 $1,000,000$ 週/秒時爲16歐姆,如無線電波週率爲 $1,000,000$ 及強度爲2千分伏脫/米突者,達於某收報機天線,問諧振時之交流爲若干?
 20. 設線圈天線之有效高度僅十分之一米突,問無線電場須有若干強度,始能使線圈天線發生效用?

第七章 天線

113. 天線功用

凡導線之架於空間而下引接至發報機或收報機者，曰天線。其功用於發報機，則為高週率電流變成無線電波之中間物；於收報機，則為受無線電波之感應而變成高週率電流之中間物，故前者司電能之放射，後者司電能之接受，而無線電能之授受，均藉天線為樞紐。

天線之用於發報機者，設計構造上，極應注意，否則効力減低，不切於用。至用於收報機者，裝置簡單，無損大體，且能架於室內或改為線圈天線等有同樣功用。故以發報機天線而用於收報機則有利無弊。反之，若收報機天線之裝置不良者，用為發報，有百弊而無一利。

114. 天線種類

天線種類不一，大別之有下列數種：

a. 直立式 (Vertical Type) 如第一百十二圖 A.

b. 平頂式 (Flat Top Type).

引入線 (Lead in Wire) 之接於水平線任一端者，曰倒 L 式，如第一百十二圖 B₁。

引入線之接於水平線中間者曰 T 式，如第一百十二圖 B₂。

c. 扇形式 (Fan-Shaped Type) 如第一百十二圖 C.

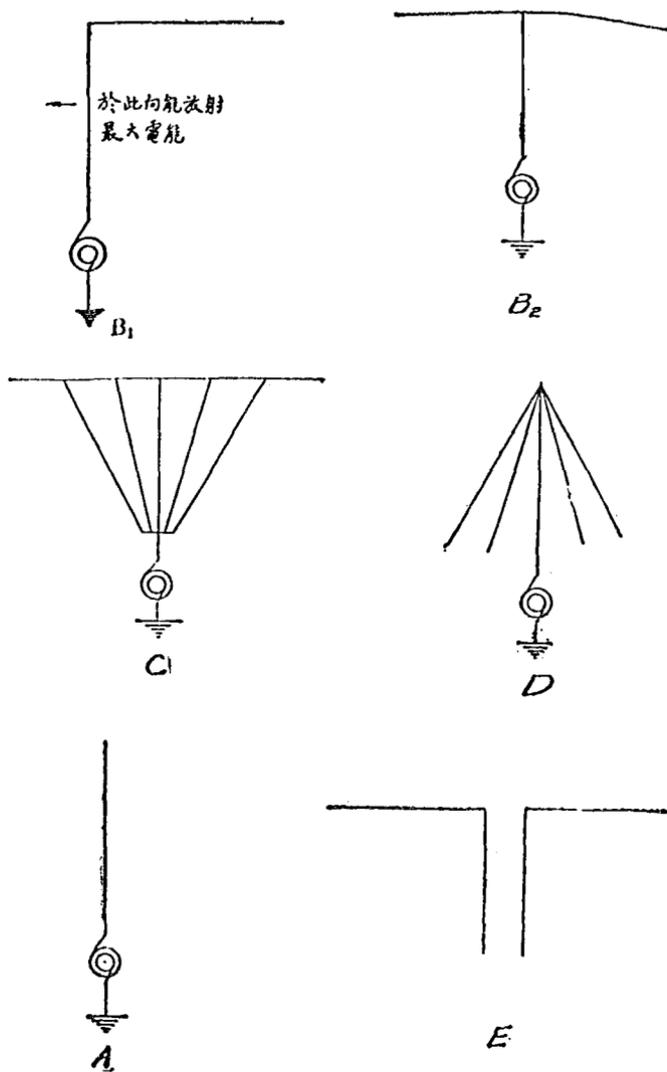
d. 傘形式 (Umbrella Type) 如第一百十二圖 D.

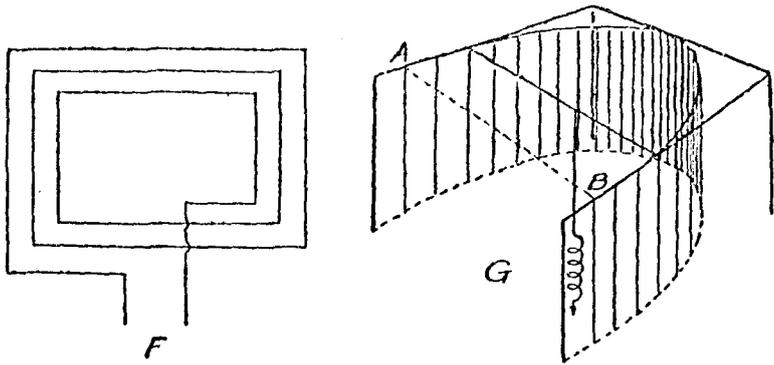
e. 赫志式 (Hertz Type) 如第一百十二圖 E.

此種天線有直立者，有平頂者，近今短波發報機天線，大都採用其平頂者。

f. 線圈天線 (Loop Antenna) 如第一百十二圖 F

g. 定向天線 (Beam Antenna) 如第一百十二圖 G.





第一百十二圖

115. 各式天線之比較

導線架空，其本身有耗阻及自感量，對地面成電容器，故天線電路亦有本身週率或本身波長，電能放射之多少，與其有效高度 (Effective Height) 之關係大，(參考第136式) 而與其水平部分之關係小，蓋無線電波之由水平部分放射者，一部分上升天際，一部份與大地感應，為之吸收，彼上升天際者，除於空中飛行機等之接受，有特別利益外，反射後對於地面上接收電台始有作用。故在長波通訊，以發射電能言，直立式者已足完成其功用，而無平頂式之必要。惟水平部份能增加電容量，使天線電路之本身波長加大，易與長波發報機之振盪電路諧振。

為減小耗阻及集膚作用計，天線導線恆用七根或十三根之較細導線，校合而成。有時用四五根校合之導線彼此相距二三尺並聯於一平面內，或做成圓柱形，為其直立或水平之部，其效果又能增加若干電容量。

丁及「式天線設置簡易，用者甚廣。前者電能發射均勻，似較勝於後者，惟後者有方向性，即於第一百十二圖B，矢示之方向，能

放射最大電能。

扇形式天線，設置不易，用者甚鮮，且電流分佈不勻，用者亦厭惡之。惟其直立部分，由多根導線組成，電容量大而對長波諧振易，並無水平部分，對於直立部份之發射電能，不相干擾。

傘形式天線，裝設簡便，行軍時恆利用之，惟四周導線，能減小電能之發射，其電流分佈甚屬均勻，但用之者已漸少。

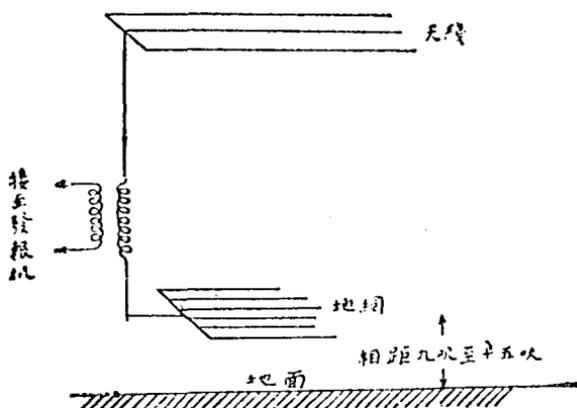
郝志式天線，組織簡單，運輸輕便，用於行軍，無出其右，且其電流及電壓之分佈（參考第120節）符合正弦曲線，導線之長與無線電波長，有一定關係，對短波發報機，能使發射電流，均勻平穩，收報者不論距離之遠近，恆聞悅耳之音訊，毫無忽強忽弱之患，故近今短波發報機，均利用之。

線圈天線，體積小而構造簡，用於收報或收音機，室內室外均見利便，且有方向性，凡電波前進之方向與線圈平面相垂直時，不能受電波之感應，接收電訊，平行時得接收電訊，故得用為無線電羅盤計（Radio Compass）。惟接收電能弱小，非最優接收機，易失其功效。

定向天線，為馬可尼氏之新成功，形如拋物線，發報機天線，適置於焦點上，其他直立天線，彼此絕緣，距離一定，組成拋物線面，司反射作用，對一定方向無線電波之發射與接受，有特別效率，且全體裝配有旋轉機關，得隨欲轉之方向而旋轉之。據馬氏報告，此種天線之闊（即如第一百十二圖 G, AB 之長）與發報波長有一定關係，各根直立天線，均須與發報波長，確實諧振，其根數亦有定值，倘上述各點，均能配置適宜，則其效率，較普通天線大九十五倍，成功之偉，殊足驚世，且方向有定，干擾大減，來日建設之廣，可拭目以待之。

116. 地線與地網 (Ground & Counterpoise)

天線組織簡言之，爲一大規模之電容器。升空之導線爲電容器之一片，大地爲其又一片，故以數根導線或金屬片或金屬管等埋入地中，與地相接，使成地線。埋線之地，必須卑濕良導，而後耗阻低微，天地線之效率加大。如於高亢乾燥之地，地線方法，不切於用，另裝地網以代之，其接法如第一百十四圖。



第一百十四圖

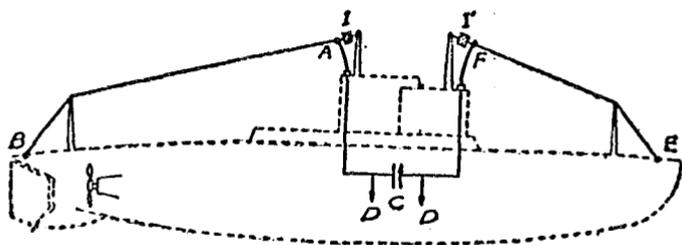
地網以導線組成，滿佈於天線之下，地面之上，與大地絕緣。地網與天線上，無線電流所生之磁電力場，以大地爲中間物，彼此不直接相連，故大地感受電量不多，電能損失減小。總之，天線之下，不論其爲地線或地網，其導線組合之大小，均當滿佈於天線之下，以天線所發生最強無線電場之面積爲界限，而後電流之分佈均勻，電能之發射增大。

117. 船舶與潛水艇天線

無線電報發明後，最初應用，且用之最廣者爲航海通訊，即船

船與陸地電台通報，或船舶間互相通報是也。船舶天線之常用式樣，恆爲丁與Γ二種，天線架於桐橋間，地線直接接於船身，大約桐橋之距離，不過三十米突者，用丁式天線，在三十米突以上者用Γ式。如船舶裝有無線電盤羅計者，則用線圈天線，蓋線圈天線有方向性者也。

潛水艇常在水面下航駛，彼普通高大天線之用於船舶者，不能適用於潛水艇，故潛水艇天線，恆用線圈式，其結構如第一百十五圖，I與I'爲絕緣器，AB與EF爲天線之有效部分，即電能之



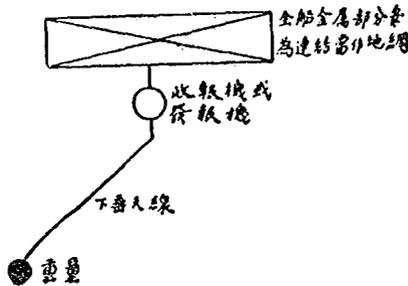
第一百十五圖

藉以發射或接收者也。BE二點接於艇殼(Hull)，彼此通電，情似地線，全線均爲銅製，惟附有絕緣體，二點D接至發報或收報機，亦有用轉數甚多之線圈天線，裝入緊閉之箱，使與海水隔絕者，此種天線對接收之效用大，發射之效用小。

海水亦能導電，故無線電波之自水面下發射者，大半爲之吸收，即用較大發報機，其通訊距離，亦在十哩左右，在水面下接收電訊，尙不感困難，然亦因電波透入水面之深淺，異其報程之遠近，大抵波長者，入水深，接收易，報程亦遠，波短者反是。6000米突之發報波長，能於200哩外，水面16呎下，接收之。若2500米突之發報波長，於同距離內，須升至距水面8呎之處，始能接收。

118. 航空天線

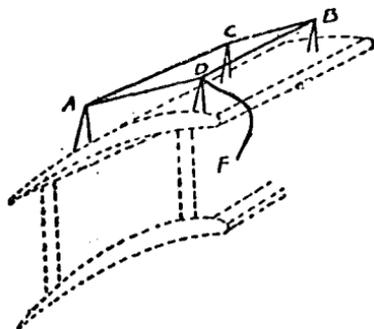
天線之用於航空者，大別之約有二類：一不隨飛船之航駛與否，皆能用之收發者；二僅能用於飛行時者。屬於第二類者為航空中效力最大之天線，結構簡單，不過用 150 至 300 呎長之導線，末端繫有球形之重量，於飛行時，空垂於外，其接法如第一百十六圖。



第一百十六圖

凡飛船各部之金屬製者，妥為連結，使成地網。此種天線對各式飛機，均能用之有效，惟於飛機強迫登陸，忽然下降，或盤旋空際時，不先將天線收拾，勢必發生危險。至收拾之法，恆於天線上端，裝有轉盤，轉動此轉盤者，或用人力，或用馬達。屬於第一類者有線圈天線，裝於飛機上下二翼間，收報與定向，均見利便。惟用為發報，則效率不高；有丁式天線，僅能適用於體積較大之飛船，因引入線甚長，故其水平導線亦應加長，使之相稱，其發射性質，與普通丁式天線同；又有所謂翅形（Skid-fin）天線者，其結構略似第一百十七圖。論其性質實與丁式天線相似。水平導線（即 ABCD）架於飛機上翼之上，相距僅數呎，長闊與上翼相仿，組成地網者亦為飛機金屬之部，彼此連結，惟連結時，應十分可靠，否則發生火花，致肇火災。此

種天線，美國海軍部飛機大都採用，但線長有限，效率僅及下垂式天線之半，故同時裝設下垂式天線，以便兩用。



第一百十七圖

119. 地下天線 (Ground Antenna)

以導線埋於地面之下，且與大地絕緣者為地下天線，其接法如第一百十八圖。此種天線對無線電接收，效率極大，既無天電干



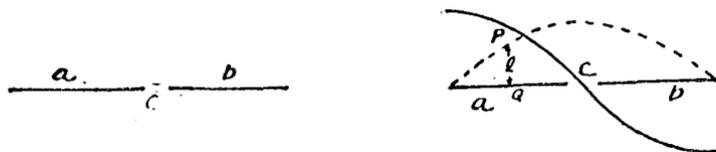
第一百十八圖

擾，又有定向性質，用為發報，據美國標準局勞求氏 (Dr. Rogers) 之實驗結果，效率亦不弱，能將真空管短波發報機之電工率不大者，與歐洲通報。

120. 電流及電壓在天線上之分佈

欲明電流及電壓在天線上分佈情形，以郝志式天線研究之，較為清楚。如第一百十九圖 a，設 a b 為銅線或銅管，組成一郝志

式天線， $a b$ 之間有火花隙 O 。將 O 接至蓄電池使 $a b$ 積電，電量漸多， O 間電壓漸高，至相當高度，發生火花， $a b$ 間有振盪流。蓋 $a b$ 本身有自感量及電容量，適成一振盪電路。惟電流經過 O 後，因沿線分佈之電容量關係，其一部分電流，必以此等電容量為短路，中

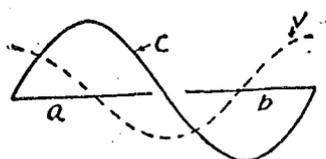


a 第一百十九圖 b

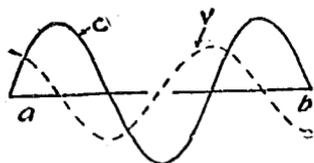
途漏去，漸近 $a b$ 兩端而電流漸少，其分佈情形如第一百十九圖 b 。圖中 $a c b$ 為赫志式天線，虛線表示電流之分佈，例如 P 點，至 Q 之距離為 l ， l 長短即表 a 上 Q 點電流之大小。此種分佈情形，不特藉上述之理得以預測，且能用相當機件如赫絲安培表沿 $a b$ 而量度之，亦得同樣結果。至電壓之分佈情形，由實驗測定，如第一百十九圖之實線曲線。

照多數學者試驗之結果，如上述振盪器所生無線電波長與線之長短有下式之關係：

$$\lambda = 4.2l \dots\dots\dots (\text{米突}) \dots\dots\dots (137)$$



$$L_{ab} = \lambda$$



$$L_{ab} = \frac{3}{2} \lambda$$

(a) 第一百二十圖 (b)

(137) 式中 λ 爲波長, l 爲 a 之長度, a 等於 b , 其單位均爲米。若 a b 之長與發報波長之比爲一或二分之三時, 則電流與電壓之分佈, 由實驗結果如第一百二十圖 a, b 圖中 C 爲電流之分佈, V 爲電壓之分佈。

121. 天線本身波長之應用

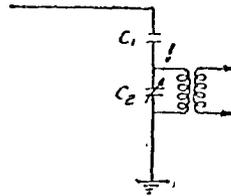
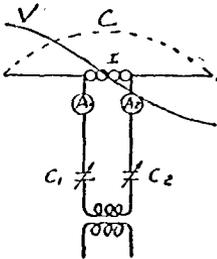
設計天線時, 天線電路之本身波長, 能與發報波長, 彼此諧振, 效率最大。卽於不得已時, 以發報波長與天線電路之二次波長 (Second Harmonic) 或三次波長 (Third Harmonic) (卽發報波長等於天線本身波長之二分之一或三分之一) 諧振之, 結果尙能優美。若三次波長以上, 鮮有用之者。至調節天線本身波長之法, 得用線圈或電容器串聯於天線電路而損益之。串聯線圈有增長之效果, 串聯電容器有減短之效果。

於郝志式天線如前節之說, 天線全部之長, 約爲其本身波長之半, 而電流之分佈又與其半波長相吻合, 故以發報波長之相等者, 接入應用, 稍爲調節, 卽成諧振。

122. 短波天線之接法

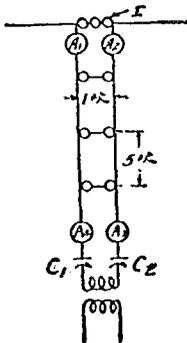
郝志式天線之利於短波發報, 已於第 115 節道及。惟高週率電流之輸接, 因電流與電壓之分佈, 而有電流或電壓輸接之分。凡輸接線之連於最大電流部份者曰電流輸接 (Current Feeds), 如第一百二十一圖 a , 連於最大電壓部分者曰電壓輸接 (Voltage Feeds), 如第一百二十一圖 b 。

應用電流輸接之郝志式天線時, 先將發報波長代入第 (131) 式, 計算其水平部分應有之長度, 因有引入線之接上, 普通以計得之數, 減小百分之五, 再以四十或五十呎長之兩根導線, (如第一百二十二圖 a) 爲引入線, 分接於水平導線之中部, 而後以水平

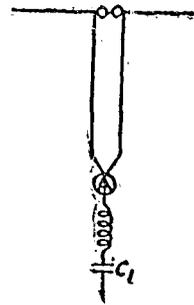


(a) 第一百二十一圖 (b)

導線中斷之，中斷之處，連以呎許之絕緣體，兩端亦如之，乃架於直立二柱，使成水平狀，引入二線之高能為發報波長之四分之一最善，當高週率電流在二線上通行時，恆取反對方向，彼此發生之磁力場，互相中和，故無線電波之發射減至極小，二線之本身自感量，往往使天線電路之本身波長，增加七八米突，惟有 C_1 及 C_2 之變量



A_1, A_2, A_3, A_4 為高週率
安培表
 C_1, C_2 為變量電容器
為絕緣體

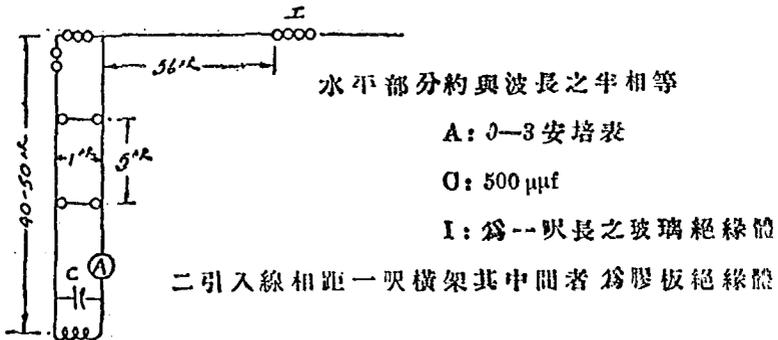


接至地線或地網

(a) 第一百二十二圖 (b)

電容器適當調節之，即可使其回復原定之數，而 A_1 及 A_2 安培表之記數最大，若引入二線確實連接於水平部分之中部，則 A_1 與 A_2 之

記數應相等，苟不在中部， A_1 與 A_2 之記數不等，然於發報上，並未發生任何妨礙。如欲發報波長增加，可改變裝置如第一百二十二圖 b。倘為經費所限，不克多置機件，僅用一安培表及一變量電容器亦無不可。應用電壓輸接，而亦用二根引入線者，為徐柏林方法 (Zeoplin System)，其接法如第一百二十三圖。圖中裝置，對於 20 米突或 40 米突之發報機最為適宜。天線全部，均為架空，無鄰近物體之吸收損失。且波長變換，因有變量電容器之並聯，較為便利。欲合二根引入線為一根，亦無不可。惟波長調節不便，且引入線亦能發射



第一百二十三圖

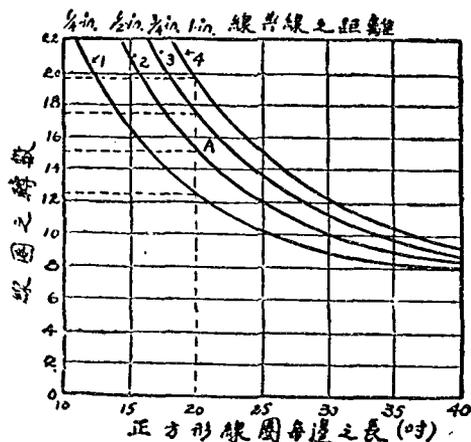
電能，無二根引入線之功用。倘出於不得已而為之，則引入線應連以定量電容器或三四轉線圈後，與發報機直接交連之，如第一百二十二圖 (b)。惟配諧困難，非富於經驗者，實不易調節。

123. 接收機天線

收報機天線之裝置，不必如發報機天線之建築精緻，已如第 118 節所述。故用一根導線而絕緣架空之，即能盡收報之能事。普通平頂式天線用於收報機甚屬相宜。全線應有之長度可參考下表：

收報波長	單根天線之長度
20-50 米突	15 呎
50-100 " "	25 " "
100-150 " "	40 " "
150-200 " "	60 " "
200-600 " "	120 " "
600-2400 " "	500 " "

於自差接收機 (Autodyne Receiver) 為增加效率而減少天線電路之耗阻計,應用地線,有時得使振盪停止,殊見失當,即不得已而須用地線時,能以適量之電容器與地線串聯後,接入收報機,使天線電路與外來電波諧振,其結果較善,於短波收報機,利用本身波長較長之天線,恆見方便,此時雖無諧振之優點,然接得之電能實較大。



第一百二十四圖

播音發達,收音者亦日見增多,若各裝室外天線,用費多而手續煩,於是線圈天線尚焉,茲以正方式線圈天線為標準,規定其轉數與二線間距離之曲線如第一百二十四圖,應用此圖曲線時,先當決定欲造線圈天線每邊之長及二線間之距離,設

長爲二十吋，距離爲半吋，則自圓中橫軸記 20 之處，向上作一垂直線，與第 2 曲線相交於 A，自 A 引並行線與縱軸相交於 15，是即天線應有之轉數，如距離爲四分之三吋者，則當自垂直線與第 3 曲線之交點引並行線，餘仿此。至與天線二端，並聯之變量電容器當爲 500 μF （最大值），導線之號數爲十四號，即無十四號導線，而以相近號數代用之，收音時亦見適當。

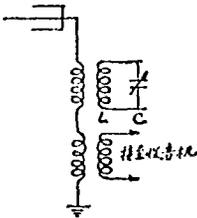
124. 設計天線時應有之注意

收報機天線之本身波長，應較來報波長爲短，其比例約爲三分之二。蓋收報機必有線圈，收報時必串聯於天線電路，能與來報波長，近於諧振，即不諧振其選擇性增優，發報機天線適與前者相反，約爲發報波長之 110%。蓋發報機天線，往往有串聯電容器，使與發報波長諧振，即將其本身波長額外增加，使二次波長或三次波長與發報波長諧振之，亦能得優良之結果。

高架天線於天空，結果恆爲最優，四週拉線，均應分段，中置絕緣體，使與天線隔絕，如是得增加天線之有效高度，減少電能之吸收損失，以間斷導線，而用爲天線，最屬不宜，即不得已而用之，應彼此錫鉛，十分牢固，俾於風吹雨擊時，不致發生損壞，絕緣質料尤宜特別選擇，偶一不慎，電能即損失不貲，普通以派來克司絕緣體

(Pyrex Insulator) 爲最優，其他玻璃或瓷質者次之，如於工業繁盛之都市煤垢泥塵，最易聚集，故絕緣體應有時洗淨之，導線之爲裸體銅絲者，易爲氧化，增加耗阻，爲橡皮包者，電能之吸收損失不少，爲洋乾漆絕緣 (Enamel Insulated) 者，無氧化而少損失，用之適宜，生銅絲雖較熟銅絲爲硬，但拉力強度高，宜於較長之平頂天線，引入之線，應隨空固定，不當與建築物切近，二者距離在五吋以上，以減吸收損失，架設平頂式天線時，其遠端可固定，而近端常用滑車以利上下，苟能用滑車於兩端，則升降方便，導線之伸縮更易。

習 題

- 試述線圈天線之利益。
- 線圈天線有方向性,其理何在?
- 今有一極長極高之天線用以接收廣播台之播音,約其本身波長似較廣播台之波長為大,問用何法始可使天線電路與廣播台波長諧振?
- 如第 3 題若天線之本身波長較廣播台波長為小,當用何法?
- 今有 60 呎長 30 呎高之天線,欲用以接收, 200 至 600 米突間之廣播台播音,若接音時天線電路,必須諧振當用何法?
- 

如圖 L, C 曰濾波器 (Wave Trap), 能將不欲收之播音濾去, 設 C 為 $0.000250\mu\text{f}$, 試用二十四號棉包銅線做一個三吋為直徑之單層柱形線圈 (大約一吋長可繞三十三轉), 以便濾去 200 至 400 米突之波長, 問該線圈應有若干磁感量, 並其長約為若干吋?
- 郝志式天線之兩端電壓, 往往為最大, 若架於直立柱時, 用劣質絕緣器, 對發報機有如何影響?
- 何謂電流輸接及電壓輸接?
- 試計劃一郝志式電流輸接之天線發報波長五十米突。
- 天線之水平部分及直立部分之接處, 何故均須錫鍍? 若引入線引入室內, 沿壁而下, 僅距一吋, 是否適宜? 普通常用之距離約為若干?
- 天線引入線穿牆入室時, 未用任何絕緣體, 接音時有如何影響?
- 於都市中有自來水管或煤氣管, 即可繞銅線於上述之管以成地線, 但都市法律, 僅許用水管, 而不許用煤氣管何故?

-
13. 地線埋於乾燥之地有何害處?
 14. 今以二根紗包絞合之導線二十呎,將天地線引長,遷移收音機至他室,所得收音之結果甚劣,何故?
 15. 本地播音台之波長為 320 米矣,今欲接收遠處播音台之波長,為 300 米矣者,且不使本地播音干擾,除第 6 題所用之方法外,尚有其他方法否?試設計避免之。

第八章 舊式收報發報機

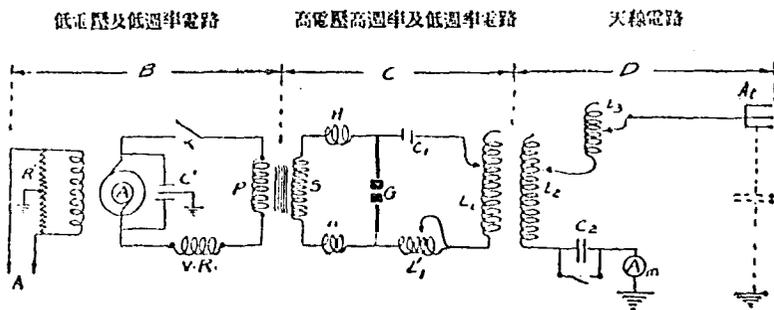
125. 引言

無線電波之產生及發射已如上述其產生之方法不外造振盪於以太之中有減幅波有等幅波 (O. W.), 有斷續等幅波 (I. O. W.), 或用水火式, 或用弧光, 或用高週率發電機, 或用真空管以產生之本章將略述其大概並及收報機之大要惟有關於真空管者, 當於第九章解釋之。

126. 火花式發報機

火花式發報機之裝置甚多, 茲擇一最簡單而認為標準者如第一百二十五圖, 以明其作用全圖可分三大部分:

甲. 低電壓及低週率電路 (KPVRA) 有電鑰 (K) 交流發電機



第一百二十五圖

接至交流電壓

(A) 變壓機之正路線圈 [Primary] (P) 及變感迴阻器 (Variable Reactance) (V R.).

乙. 高電壓, 高週率及低週率電路 (SHQ, L₁L₁H), 有變壓機之副路線圈 (Secondary) (S), 定量電容器 (C₁), 線圈 (L₁L₁), 阻流圈 (H), 及火花隙 (G). 電路 (GC₁L₁L₁) 又稱閉合振盪電路。

丙. 天線電路 (A, L_1, L_2, C_1, A_m), 有線圈 (L_1) 與 L_1 相交連, 成一射電週率變壓器, 配諧線圈 (L_2), 定量電容器 (C_1) 與開關並聯

127. 各機件之功用

交流發電機, 為供給電能之用, 尋常用直流電動機拖動, 如無直流電能時, 得用蒸汽機, 煤油機等等, 此交流發電機有二種必要條件: 即週率宜高, 內部磁感週阻 (Internal Reactance) 須大, 因此磁極多而氣隙大, 構造與普通交流發電機, 稍有不同。

當電鎗閉合時, 交流發電機受瞬流作用, 其內部磁感週阻雖大, 尚嫌不足節瞬流之大, 故又裝有變感週阻器以保護之。

電鎗開合, 即為節制供給電能之用, 當其合時, 電能由發電機而變壓機而天線電路, 毛司訊號之代表吾人智慧者, 因之傳達遠方, 開時則否。

若電能甚大, 開合時發生火花, 有損運機者之手, 故用遠距離節制之繼電器, 以運用之。

變壓機尋常須變 120 伏脫至 10,000 或 20,000 伏脫, 以適合發生火花之作用, 火花隙發火時, 其 S 部份, 即成短路, 非將其構造特別設計, 勢必受損, 即用最優絕緣材料, 其內部磁感週阻, 亦須極大。

定量電容器為全機發生振盪電能之最要機件, 其構造上須有下列要件: (一) 片與片之絕緣體須極優良, 俾受高電壓而無自焚之患 (二) 損失須小。

線圈 L_1 為乙部全電路中最重要之機件, 蓋火花隙放火而 C_1 放電發生振盪流時, 全恃 L_1 傳授電能至 L_2 , 天線電路中之高週率電能, 全由 L_1 而來, 故 L_1 之變換, 即所以節制放射電能, 及全機作用之是否合度者也。

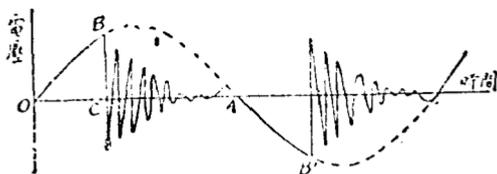
L_2 為調整發報波長之用, 其與 L_1, L_1 無磁感關係, 電容器 C_1 與 L_1 有同樣作用, 當 C_1 串聯於天線電路時, 則波長減短, 否則加長。

天線本為大規模之定量電容器，用以發射電波。尋常小容積之定量電容器，亦可代用，惟其容積太小，不能發射較大電能於天線耳。

H 有阻斷高週率電流對 S 發生反動之作用。苟無 H，則高週率電流在 S 內流行，發生高電壓，使其絕緣體破壞，且反動及 P 及 A，而受同樣之患。H 之功用，雖如前述，然少量之高週率電能，仍反動至 A 而又及 A 之磁極部份。故於 A 之發電子之兩端，裝有定量電容器 C，磁場外端，接以大耗阻 R。C 及 R 之中部均連接於地。蓋自反動而來之高週率電能，將損害 A 之發電子及磁場者，得橫渡 C 與 R，而入於大地也。此種機件，另名曰保護機件 (Protective Device)。

128. 全機之作用

如第一百二十五圖，電鎗閉，A 之電壓接於 P，在 S 即變成高壓，使 C_1 蓄電，而火花隙亦接受同值之高電壓。至電壓之適當高度，火花隙即生火花，而成短路。於是 C_1 即放電，CGL₁L₁ 電路中有振盪流，感應 L₂ 而及於天線電路，放射四方。其詳細情形，可參攷第一百二十六圖。圖中 OBAB' 之正弦曲線，為發電機之電壓，亦即為 C_1



第一百二十六圖

及 G 所接受之電壓。當電壓之變化，由 O 而 B 時（或由 A 而 B' 時）， C_1 即蓄電。電壓至 B（或 B'）時，G 間空氣受電壓作用，絕緣性破裂

而放火花。火花放，短路成， C_1 遂放電。 C_1 及 L_1 、 L_1' 本為振盪電路。因 C_1 之放電，發生振盪流。 C_1 上電壓之變化，亦成高週率之振盪如曲線 BCA ，其週率得依 $f = \frac{1}{2\pi \sqrt{C_1(L_1 + L_1')}}}$ (週/秒) (C_1 為 C_1 之電容量， $L_1 + L_1'$ 為 L_1 與 L_1' 之總自感量) 式，而計算之振盪電壓。因電路中之對數減幅率，逐漸減縮。同時發電機電壓隨正弦曲線之變換，而逐漸減小。至相當時間，火花滅，振盪止，於是 C_1 又依 AB' 而落電。至 B' 時，上述情形，又復發生。可知電壓一週，得發生二次振盪流。或二組無線電波。一組無線電波，得使收報機 (參考第 132 節) 之聽筒振動一次。凡一秒內振動一千次之聲音，耳聞之，最為清晰。故無線電波之發生，每秒應有一千組。而發電機之週率，當為每秒五百週。至無線電波總組數之多少，均依電鎗合閉時間之長短而定。普通短者在收報處得“點”，長者得“畫”，點畫之交錯變換，成毛司訊號。吾人之智慧，藉彼代表之。若電鎗開，電波即停止發生。故電鎗暫時之開，即得成點畫間之空格 (Spaco)。

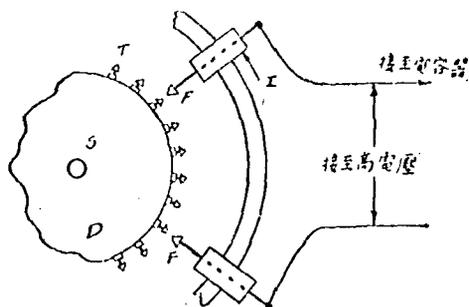
129. 火花隙之種類

火花隙大別之有下列三種：——

- 甲. 開式隙 (Spark Gap)
- 乙. 旋轉隙 (Rotary Gap)
- 丙. 速滅式 (Quenched Gap)

開式隙構造甚簡單，因其放火無定，且隙之二極間，易生弧光，故祇能用於小規模之無線電報機。

旋轉隙之旋轉極，為一齒輪銅盤，裝於交流發電機之中軸。因發電機之旋轉而旋轉之。他端有二極，與旋轉盤之齒輪相對峙。當火花發生時，自定極之一端而輪齒橫渡銅盤，再由其相當輪齒回至定極之他一端，裝法如第一百二十七圖。其優點如次：(甲)耗阻



S: 發電機之轉軸 A: 定極
D: 銅盤 T: 齒輪 I: 絕緣體

第一百二十七圖

較小(乙)極與極之絕緣度,自動回復原狀。(丙)不發生弧光。(丁)自動扇涼兩極之溫度(戊)局部火花不致發生商業上大規模之火花式無線電報機,多採用之。

速滅式於發生火花時,二極間電化,得速即回復不電化原狀,因有是名,其功用能使正電路(如第一百二十五圖之 $GC_1L_1L'_1$)發生振盪後,於適當時間,回復其空隙原狀,正電路中斷不致吸收副電路(如第一百二十五圖之天線電路)之振盪電能,減少損失,為利極大。(其原理參攷第五章第95節)至速滅式火花隙之構造上,有下列諸要點:(甲)火花發生處無氧化物,(乙)極面宜冷,製極之物宜用良導熱之金屬,(丙)隙之距離須極小,自 $0.1''$ 至 $.005''$ 。

凡火花均於緊閉之鐵箱內發生,故隙間空氣之氧素,即起氧化,漸歸於盡,用良導熱之金屬以製極,自冷之度,仍恐不足,故有車翼等(Vanes or Fins)裝置,以求其熱之外散,溫度下降,此種火花隙

於無線電報機之用途甚廣，其能力可自極小至 50 或 600 馬力，且其火聲靜地位小，製造簡單，作用合度，工程家均喜用之。

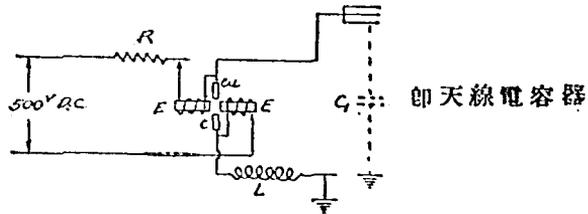
130. 等幅波發報機

等幅波發報機較之減幅波發報機有四大利益：(一)選擇性較優。(二)傳訊距離較遠。(三)天線電壓之分佈均勻。(四)收報處得自由調節收音之高下。目下最新無線電報機，均舍減幅波而用等幅波者，以此產生等幅波之方法至多，茲就潘生弧阿氏高週率電機，及哥氏高週率發電機而略述之。

(一) 潘生弧 (Poulson Arc)，裝設甚廉，節制波長亦易，所需電能多少，亦不難設計，可自二基羅瓦特至一千基羅瓦特，其裝法如第一百二十八圖。

凡直流電或近於直流者，在一電路內，經二不相連之二極，此二極置於空氣或其他氣體之受大氣壓力或較高壓力者，即發生弧光，例之最顯著者，為弧光燈，此種弧光與電隙所放之火花不同，蓋過電隙之電流，因放電發生，其流斷續而不相連者也。

電弧作用有特別情形，不依歐姆定律，其所須之電壓雖低，而



R: 耗阻 Cu: 銅極 C: 炭極 E: 電磁極

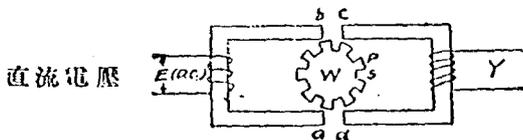
第一百二十八圖

能得較大之電流，電流小後，反能得較大之電壓，如以電弧之二極接至天線電路，在適當情形內，即發生高週率電流。

如第一百二十八圖，當直流電供給電能時，荷天線與之不連。則電流直達二極而發弧光，荷以天線電路與之相連，則一部分電能，入於天線之電容器 C_1 ，使之蓄電。於是經過弧光之電流，為之減少，而二極間之電壓，因之增高。此高電壓，更使至 C_1 之電流加大，電量增多，至二極電壓不能因電流減少而增高時為止。是時流入 C_1 之電流中止，全部電流仍入二極，二極電壓變小， C_1 遂放電，但天線電路中，尚有線圈 L ，與 C_1 合言之，適成振盪電路，故 C_1 放電，即生振盪流。此振盪流第一半週之流向，與流入二極之直流相同，其第二半週之流向與流入二極之直流相反，彼此相尅，復減少二極直流，回復前述二極間電壓增加及 C_1 電量增多之狀。若能運用適宜，則弧光不間斷，而等幅波之發生亦不已。

等幅波週率之大小，得變換磁感量 L 而左右之。如是波長亦得損益。彼所生電波為連續性，因供給之直流電綿延不斷故也。第一百二十八圖中銅極為正，用冷水以減其熱度。炭極須依其木軸旋轉。二極在極強磁場中（即 EE ），且置於緊閉之箱，箱內貯以輕氣。此輕氣於使用時不必另行供給，待弧光發生擇適當時間，注酒精於置極之箱，酒精氧化，即剩餘多量輕氣（法與注油於機器同）。 C_1 與線圈，須有適當比例量，而後機件得運用完善。此機之效率約為 50%。我國與美國費爾特公司所訂之合同，即為此機。

(二) 阿氏高週率發電機 (Alexanderson High Frequency Alternator) 其雛型如第一百三十圖。ab 與 cd 為四個鋼鐵極，w 為金屬

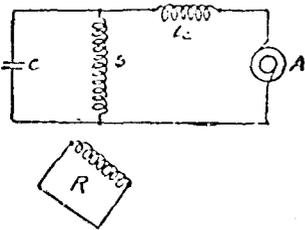


第一百三十圖

盤刻成如 PS 等之齒形，旋轉極速，bc, ad 間之距離，僅時許，當 w 旋轉時，bc, ad 間為 P (凸) S (凹) 繼續經過，ab 上之線圈，輸以直流，故 ab 及 cd 得有磁件，P 以鐵製而 S 為空氣，鐵與空氣之比磁感相差極大，bc 及 ad 間因 PS 之經過，比磁感之變換極大極速，而 bedab 磁路中之磁力線量，亦為極大極速之變換，於是 Y 方面得高週率之感應電壓，阿氏應用此理，造成高週率發電機，得週率為 100,000 之電壓， w 之凸凹數為 300，速率每分為 20,000 轉，此法昔時應用極廣，我國雙橋無線電台，即屬此類。

(三) 哥氏高週率發電機 (Goldschmidt Alternator) 之原理，可簡述之如下：

當交流在線圈內流行時，生有顫動磁場 (Pulsating Magnetic Field)，其強度與方向，全依時間而變，此種磁場，依學理證明，可分作二等量磁場，其旋轉之速率相等，方向相反，而其和恰等於原磁場之強度。(其詳細解說，可參考 Morecroft's Principles of Radio Communication Page 696) 哥氏應用此理，製造高週率發電機，今進而言其大概，如第一百三十一圖，R 為轉動體，其速率為諧振速率 (Syn-



第一百三十一圖

chronous Speed) 換言之，即與磁場變換之速率相等，S 為線圈，自 A 受電，而 A 之週率為 N ， L_c 為高週率阻流圈，當 R 轉動時，與上述之兩旋轉磁場，一則同向同速，毫無割切，一則異向同速，其割切之速率適為原速率之二倍，故所生電壓之週率，一為 $N - N = 0$ ，一為 $N + N = 2N$ ，於是 R 中得交流，亦發生播動磁場，此磁場亦得分為等量等速而異向旋轉之兩磁場，但 S 與 R 有相對之運動，因 R 之反動作用，S 內亦生電壓，其週率

依同理一為 $N+2N=3N$ ，一為 $2N-N=N$ 。由此循環推廣，可得下表：

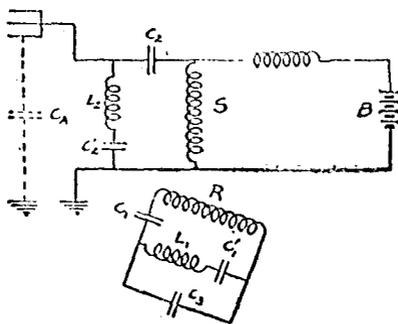
S 內電壓之週率	R 內電壓之週率
N	2N 及 0
3N 及 N	4N 及 2N
5N 及 3N	

如 S 內原有之電壓為直流，則上表當更改如下：

S 內電壓之週率	R 內電壓之週率
0	N
2N 及 0	3N 及 N
4N 及 2N	

如前之說，哥氏機中電壓之週率極多，為實用計，非分解之，使各行其道不可。其分解之法如下：

如第一百三十二圖，S 接有直流，R 對 S 旋轉，生有電壓其週率為 N。使電流行動於 $RC_1L_1C_1$ 之電路中，因 C_1L_1 對 N 恰諧振，其總週阻為零，故 C_1L_1 間之電位差極小， C_1 用以中和 R 中之自感量，使 RC_1 亦與 N 為週率之電壓相諧振。於是全路（即 $RC_1L_1C_1$ ）成諧振之象。依上述之理，以 R 之旋轉，S 中亦生有電壓，其週率為 2N



第一百三十二圖

及O,使電流行動於 $SO_2I_2C_2$ 之電路中,S與 O_2L_2 與 O_2 對 $2N$ 為週率之電壓,恰成諧振,故其間之電位差亦極小,因S之電流,R中又生電壓,其週率為 N 及 $3N$, N 週率之電流,仍走 $RO_1L_1C_1$ 電路,蓋適成諧振故也, $3N$ 週率之電流,因 C_2 之配置,對 RO_1C_2 言,亦成諧振,遂以 RO_1C_2 為通行之路。

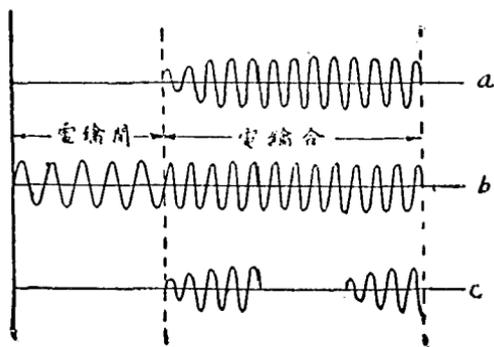
更有進者,S中因R內有 $3N$ 週率電流,遂生 $2N$ 及 $4N$ 之電壓, $2N$ 週率之電流,仍走舊道,不再論列, $4N$ 週率之電流,因天線電容量(C_A)之配合,對 SO_2C_A 成諧振,於是 $4N$ 週率之電流,由天線而發射無線電波於空間。

131. 電訊發射法

在等幅波發報機上,安置電鑰,使電能發射,隨電碼之排列,為電鑰之開合,其法有三:

一曰割入法 (Cut in method) 即電能之發射與否,全視電鑰之合閉與否而定,其情形如第一百三十三圖(a),

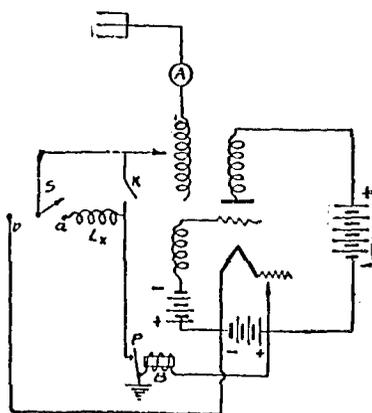
二曰換波法 (Compensated method) 即發射電波之長短,隨電鑰之開合而變換,發報時電能,連續發射,不因電碼之空格而中斷,其情形如第一百三十三圖(b),



第 一 百 三 十 三 圖

三曰調幅法 (Modulated method) 即發報時電波發射,受相當機件之調幅,分為成音週率之節段,若於電碼空格,則電能發射,完全停止,其情形如第一百三十三圖 (c)。

上述三法,各有利弊,各有應用,如于潘生弧,因高週率電能之產生困難,僅能用二三兩法,尤以第二法為最合用於阿氏或哥氏高週率發電機,週率隨電機之速率而定,不易變換,僅能用一三兩法,尤以第一法為最合用於真空管發報機,三種方法,均可應用,尤以第一法為最合用,茲舉第一百三十四圖,以明三種方法,在電路內之排列,第一百三十四圖,為一座真空管發報機電路,發射時,運用單極雙開關 S,即可成三種發射方法,如圖將 S 脫離,不關至任



S: 單極雙開關 Lx: 加線圈
K: 電筒 B: 蜂音器(可調幅作用)
P: 為蜂音器之動片

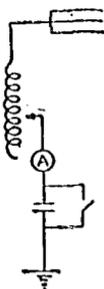
第 一 百 三 十 四 圖

何極,則 K 開合時,電訊發射為第一法,蓋 K 合,則天線電路完成,而電能向外發射, K 開,則天線電路斷,電能發射止,將 S 關至 a 極,則

K 之開合得使 L_x 或入或出於天線電路，電波長短爲之變換，適爲第二法。將 S 開至 b 極，則 K 之開合得控制 B 中電流之或無或有。當 K 合時，B 有電流，P 卽振動。若 P 在圖示之位置，天地線直接相連，電能向外發射。若 P 向右振動，天線須經蓄電池及蜂音器線圈而連至地線。蜂音器線圈之磁感量及耗阻極高，得阻止無線電流在天線電路內通行，電能發射，亦卽停止。故 P 振動一次，電波卽產生一次，每秒內 P 之振動次數，適與成音週率相等，遂分電波爲成音週率之節段。當 K 開時，P 雖不振動，實與 P 向右振動時之情形無異，無電能發射。故曰 K 之開合，使電能發射成第三法。有時蜂音器聲音之代表電碼者，直接藉無線電話機發射於外，亦與第三法同，但應用者不廣。（參考第十一章第 220 節）

132. 減幅波之接收

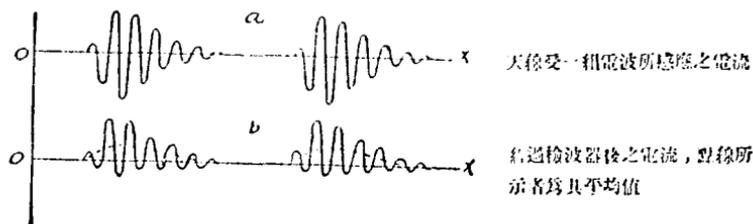
接收電訊之法大別有二：一曰目視法，二曰耳聞法。卽自送訊處，所發無線電波，感應接收處天線電路，吸取電能力若干，再藉相當機件，使此種能力，變成目能視之記號，或耳能聞之聲音。



第一百三十五圖

目視法之裝置如第一百三十五圖，A 爲熱絲安培表，製造靈敏，卽小量之電能，亦得量度。因 A 之標記，吾人智慧，得藉預定符號，視發訊處電能之或放或否而傳達之。但 A 之構造困難，天線電路之電能甚小，此法於實用上，極多困難之點。

耳聞法，卽於天線電路內，裝一檢波器。此器有單流性，使無線電流，於一方向大，他方向小。於是電流一週，發生聚集作用。設天線電路所受送訊處電波組數之感應，爲每秒一千次，因檢波器之單流性，成一千週率之聚集電流，以之通入聽筒，生能聞之音。其情形如第一百三十六圖，圖 (a) 爲天線電路內之無線電流，由送



第一百三十六圖

訊處無線電波感應而成。假定送訊處之無線電波，有減幅性，故電流亦如之。電流之週率極高，將其每週間一起一伏，相加平均，適等於零，如以此種電流通入聽筒內，則聽筒內之薄膜，有惰性，不能隨週率之變換而振動。其結果為不動，與無電流輸入同。即使無線電流，週率不為極高，聽筒薄膜得隨之而動，但無線電週率，恆在成音週率以上，故薄膜所發之音，亦在人耳能聞以外，仍不能達傳遞電訊之目的。圖 (b) 為無線電流經過檢波器後之情形。因檢波器有單流性，故在 OX 軸之上者大，下者小，不以 OX 為對稱軸。其平均值，如點線所示。以此種電流輸入聽筒，則其一個平均值，可使薄膜振動一次。若送訊台之發報，得發一千組無線電波，則一組無線電波，得感應一個無線電流之平均值，一個平均值，使聽筒薄膜振動一次。總言之，薄膜於每秒內振動一千次，適為能聞之音，而電訊以傳，彼在聽筒內所作用之電流如第一百三十六圖。A。

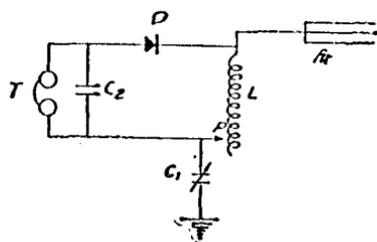
在聽筒內作用之電流，



A 第一百三十六圖

133. 晶體收報機電路及其使用方法

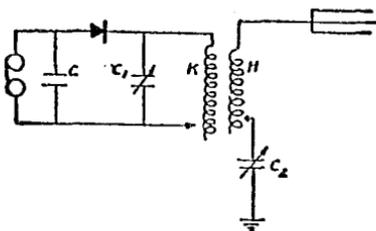
收報電路之裝法種類至多，茲擇一解釋之如第一百三十七



- | | |
|------------------------|------------------------|
| At: 天線 | T: 聽筒 |
| L: 線圈 | C ₁ : 變量電容器 |
| C ₂ : 定量電容器 | D: 晶體檢波器 |
| P: 滑接 | |

第 一 百 三 十 七 圖

圖，檢波器與天線電路中之線圈並聯，開度較高。惟線圈之自成量，應使天線電路與外來電波有諧振作用。欲求諧振，除移動滑接之外，並可變換變量電容器 C_1 。如是線圈兩端之電壓降較高，經過檢波器之電流較大，聽筒內聞音較強。



第 一 百 三 十 八 圖

欲求收報之改善，應將上法改良之，如第一百三十八圖其結果能使成音度不減，而選擇性較優，如圖成音度之增減，得變換 H K 之交連係數，用小係數時，則選擇性最優，而成音度不大，如欲成音度增高，當使 K 圈之圈數較 H 圈多數倍，蓋 H K 乃一射電變壓機， K 上圈數愈多，所感應之電壓亦愈大也。

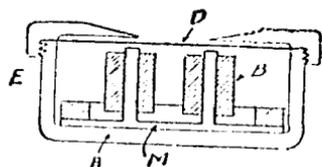
如第一百三十八圖收報機之使用法如下：

- (1) 變換 C_2 及 H 使開欲開電台之電訊
- (2) 變換 C_1 及 H K 間之交連度，使已開者較強
- (3) 將 H , C_2 , K 及 C_1 等，以次為精細之變換，使成音度最強，而選擇性最優。
- (4) 如檢波器失常，亦應為相當之調節。

圖中 C 之用處有二：一使高週率電流不經過聽筒而取道於 C ，故 C 有枝路電容器之名；一使聽筒內電流平和，蓋聽筒內電流其值不定，其變至速，欲得清晰之音，非先將電流加以平和不可，當電流高時，一部份積於 C 中，留待不足時之補充，因之有餘得補不足，聽筒內電流遂更近於其平均值。

134. 聽筒構造

聽筒內部構造如第一百三十九圖， E 為膠木蓋， D 為鐵質薄



第一百三十九圖

板， B 為線圈， M 為鐵心， A 為銅殼，當電流入線圈時，生有磁力線，使

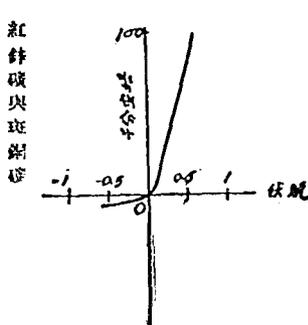
M之磁性加強，惟電流之值時變，所加之磁力線亦因之而大小轉，而影響於吸力，D遂顛動，得成聲浪者如此。

M原有磁性應高，否則聽筒難得靈活之效，故處置聽筒，務宜留意，勿跌勿碰，免失磁性。至電流方向，宜有一定，換言之：即外來電流，所生之磁場，應與原有者同一方向，否則發生消磁現象，得使原有之磁性消失。

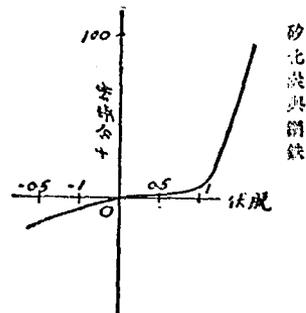
135. 檢波器

其檢波器通用者有二種：一為真空管，當於真空管篇詳述之，一為金屬礦結晶體，茲撮其要義如下：

晶體檢波器有單流性，故能檢波。至其單流性之存在，得測驗直流特性曲線（D. C. Characteristic Curve）而知之。第一百四十圖 為紅鋅礦與斑銅礦（Zincite-Borinto）混合晶體之直流特性曲線，第一百四十一圖 為矽化炭與鋼礦混合礦（Carborundum-Steel）之直流特性曲線。由以上二圖觀之，電壓依正方向增加時，電流之增加極快，反之則極小。當無線電波所感應而生之電壓，接於上述任一晶體檢波器時，正電壓所得電流大，負電壓所



第一百四十圖

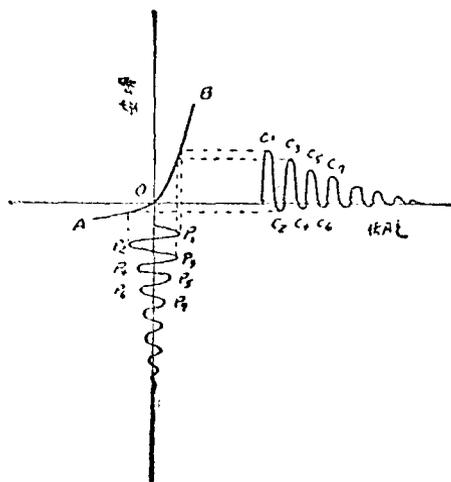


第一百四十一圖

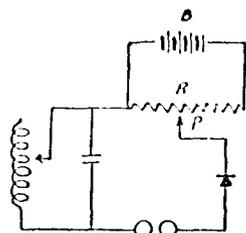
dum-Steel) 之直流特性曲線由以上二圖觀之，電壓依正方向增加時，電流之增加極快，反之則極小。當無線電波所感應而生之電壓，接於上述任一晶體檢波器時，正電壓所得電流大，負電壓所

得電流小因其一大一小之關係得聚集作用第一百四十二圖爲晶體檢波器檢波時之實在情狀。(即真空管檢波器亦不異於此)圖中A OB爲紅鋅礦與斑銅礦混合結晶體之直流特性曲線。 $P_1 P_2 P_3 \dots$ 爲無線電壓之減幅曲線當無線電壓在 P_1 時依特性曲線之OB部分其電流必在 C_1 在 P_2 時依特性曲線之OA部分其電流必在 C_2 同理由 $P_3 P_4$ 等各電壓可得 $C_3 C_4$ 等各電流故電流之減幅曲線應爲 $C_1 C_2 C_3 \dots C_4$ 至 C_2 之時間與 P_1 至 P_2 之時間相等。

細察以上二圖內所給之二根特性曲線有最大曲度外來電壓在曲度最大之處變換聚集作用最甚檢波亦最靈惟各種金



第一百四十二圖



R: 變阻 B: 電池
P: 滑接

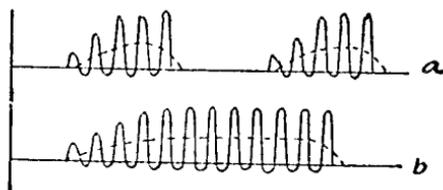
第一百四十三圖

屬礦結晶體之可爲檢波者其直流特性曲線各不相同而其曲度之最大處未必卽在零電位如第一百四十一圖 此點約在1伏

脫處，我人如欲利用此點，非另加 V 伏脫不可，供給此 V 伏脫之電池名曰分極電池，普通用乾電池爲之，惟所供伏脫，未能確如其分，故收報電路中有如第一百四十三圖之裝置，藉以變換接觸點 P ，而損益分極電壓，接得之音，遂可清晰。

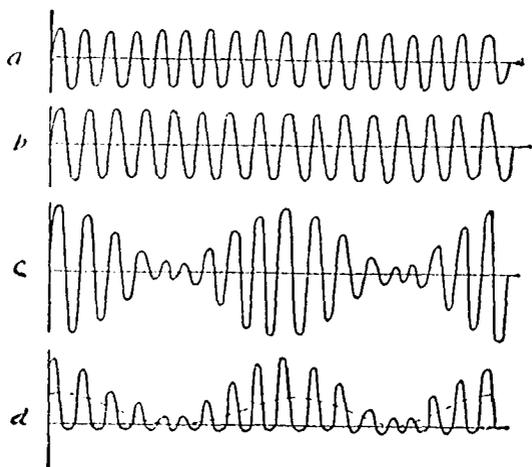
136. 連續波之接收

聽筒內生有聲響，全因電流時變，上述減幅波之接收，此爲要點，今所得者爲等幅波，雖經檢波器，仍無聲音，此理可以第一百四十四圖明之，如圖 (a)，聽筒中電流常變，繼續而成聲響，(b) 圖則



第 一 百 四 十 四 圖

不然，除起末二點，聽筒得有漸強之聲外，餘無聲響，故欲接等幅波電訊，勢非另謀別法不可，其著者莫如外差法 (Heterodyne Method) 法於收報時，用一本地振盪器 (Local Oscillator)，生有高週率之電磁波，與外來電波同時與收報機電路發生感應，相互干擾，若兩波週率稍差，其和得生音差 (Beats)，音差之多少，依 $(f_1 - f_2)$ 爲斷，設外來電波之週率爲 500,000 週/秒，本地振盪器所生者爲 499,000 週/秒，則音差之週率爲 1000 週/秒，適與減幅波電訊，每秒內有一千組電波之情形相似，便於接收，如第一百四十五圖 a 爲外來電波所感應之電流，b 爲本地振盪器感應之電流，c 爲 a b 二電流之和，可以 a, b 二曲線照作圖法相加而得之，d 爲經過檢波器後之電流，點線所示者即其平均值也。



第一百四十五圖

外差法之應用,最著於真空管收報機,其詳細方法,俟於第十章述之。

習 題

- 如第一百二十五圖, C_1 為 $0.002\mu f$, C_1 若電後之電壓為 50000 伏脫,問 C_1 內蓄有電能若干?
2. 如第 1 題,若 $L_1 + L_1'$ 之有效自感量為 $2mb$, 問無線電波之波長應為若干?
 3. 如第 1 題,若發電機之週率為 500 週/秒,問振盪電路,得發生電工率若干?
 4. 如第 3 題,若射電週率變壓機之效率為 0.5, 變壓機之效率為 0.9, 發電機之效率為 0.8 (參考第一百二十五圖), 發射電工率為 1kw, 問轉動此發電機者,應有機械工率若干?
 5. 如第 3 題,若天線電路之電工率為 200 瓦特,射電週率變壓

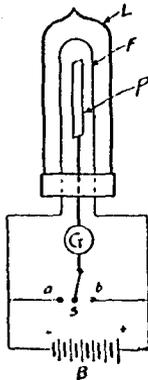
機之效率為 30%， C_1 為 0.012 μf ，問 C_1 於放電時之電壓為若干？

6. 試說明電工率極大之火花式發報機，不能發生短波無線電火花隙之作用何在？
7. 試以反電壓之理，說明火花式發報機之發電機及變壓機之內磁感週阻，應極大。
8. 試說明火花式發報機，應行取締裝置之理由。
9. 如第一百三十二圖，已知 C_A 為 0.0024 μf ，發報波長為 1200 米突， C_2 為 0.002 μf ，問 S 之自感量為若干？且 R 之旋轉速率應為若干？
10. 如第 9 題若 L_1 為 36 m.h 則 C_1 應為若干？
11. 放射電能之方法，以何法之效率為最大，試言其故？
12. 晶體檢波器之特性曲線為直線時，是否能檢波，試言其故？
13. 晶體檢波器之特性曲線，為何種情形時，檢波之效率最高？
14. 接收連續等幅波電訊時，除外差法外，試設計一接收之法，接收時仍用品體檢波器。
15. 試述晶體檢波器，優劣點之所在。

第九章 真空管通論

137. 沿革

因導體熾熱，使四週空氣電化傳電之現象，已有百餘年之研究。1882-1889 年間，有暗兒司脫 (Elster) 及琪脫爾 (Goitel) 二氏對上述現象，詳細試驗。1883 年愛迪生氏 (Edison) 於其發明之電池中，另裝一極，導於炮外，接法如第一百四十六圖。將 s 與 b 相接，



第一百四十六圖

- L: 燈炮
- G: 測電表
- S: 開關
- B: 蓄電池
- P: 金屬片
- F: 燈絲

G 中測得電流。將 s 與 a 相接，G 中無電流。學者不能解釋其理由，僅呼之曰愛氏現象 (Edison Effect)。1896 年弗蘭敏氏 (J. A. Fleming) 應用愛氏現象，製成二極真空管。1899 年湯姆生及立却生二氏 (J. J. Thomson and O. W. Richardson) 以電子學說解釋二極真空管作用之理。且謂燈絲受熱，蒸發電子，電子為荷正電之屏極吸引，遂成愛氏現象。1907 年墨花來司脫 (De

Forest) 氏，置網形之極於燈絲屏極間，發明三極真空管。因三極真空管之發明，無線電學術為之猛進。晚近德國之司蒙蓋氏 (Schottky) 及美國之霍兒氏 (A. W. Hull) 又有四極真空管之發明，對於無線電通訊上應用，更見利便。

138. 類別及應用

如前節所述，真空管得分為下列幾種：

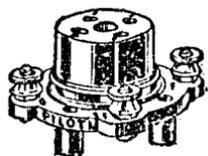
二極管可用為檢波器及整流器 (Rectifier)

三極管可用為振盪、檢波、放大及調幅器等等。近年來又有交流管、四極管、五極管等，其功用與三極管同，特將其弱點加以改良而已。

真空管之重量輕，移動便，效率高，在無線電傳訊上，羣視為無上利器。昔時之發報收報機件，逐漸為其淘汰，已無立足之地。

139. 結構

真空管之外部為玻璃，中間空氣，已用優等抽氣機抽至最稀度。如為二極者，內部有二種機件，即燈絲及屏極，彼此不相連。燈絲 (Filament) 有二端，通至外面。屏極 (Plato) 僅有一端，通至外面。如為三極者，內部有三種機件，即於燈絲、屏極之間，增一柵極 (Grid)，柵極亦僅有一端，通至外面。合言之，管外有四端，得接至電路，所用



三極管之燈座

第一百四十七圖

燈座 (Socket) 如第一百四十七圖。三極在內部之排列，則為燈絲之外，繞以柵，柵之外，圍以屏。屏為橢圓柱形之面，普通以鎢片 (Tungston) 為之。柵以鎢絲繞成，亦如橢圓柱形。如為四極或五極者，則較三極真空管，多增一極或二極而已。

140. 真空管作用原則

欲明真空管之作用，當先熟悉下列諸原則：

- A. 電流為電子之移動所成，惟移動之方向，與吾人尋常所假定之電流流向相反。
- B. 電子為負性（本章所論電子均屬於此）。
- C. 凡物皆含有電子，及電核。電核荷正電。
- D. 同性之電相斥，異性之電相引。
- E. 金屬加熱，至一定溫度，得放射其所含之電子。
- F. 熱度愈高，則其所射出之電子愈多。

- G. 電子放射後，其前進之速度甚快。
- H. 如電子在空氣或其他氣體中放射，則電子與空氣或其他氣體之分子相碰而止其運動。如電子有極大運動能力時，得將氣體之分子電化，(Ionization)。
- I. 真空管內空氣已抽至最稀度，故電子在其中放射，得遊行無阻。

140a. 塗鈷燈絲(Thoriated Tungsten Filament)

舊式真空管之燈絲，均用鎢絲製成，通以電流，因電流之熱效，使鎢絲蒸發電子。倘將鎢絲塗以鈷層(Thorium Layer)則在攝氏1500度時，所蒸發之電子數，較純粹鎢絲在同溫度時，所蒸發之電子數，增加至130,000倍以上。其他物質，如銣(Strontium)，銣(Cesium)氯化銣，及氯化鈣等，塗於鎢絲蒸發電子，與鈷同效。故新式真空管之燈絲，鮮有用純粹鎢絲，而不塗鈷層或其他如上述各物質者。

塗鈷燈絲之製造，簡言之，即鈷絲表面，塗以極薄鈷層，其內部，又有少量之鈷，均勻分佈。電子全部，由鈷層蒸發，鎢絲僅使鈷層受熱，發射電子而已。鈷層受熱，鈷原子亦逐漸蒸發，終至消失淨盡。惟有鎢絲內部之鈷，漸漸移至外面，使鎢絲外表，繼續有鈷，電子蒸發，仍不困難。

鎢絲在高溫度時，不易溶解，故家用電燈，燈絲均為鎢製。真空管內之燈絲，為鎢炭與氧化鈷之混合物。氯化鈷約占百分之一，炭則為量甚微。此種燈絲，熱至攝氏2500度時，氯化鈷之一部分，還原成鈷，由燈絲內部，移向表面，立即蒸發，燈絲表面，成一純潔之鎢層。若於此時，溫度降至1800度左右，則還原之鈷，在鎢分子中，自行移動，均勻分佈。設真空管內，真空度極高，則鈷至燈絲表面時，即行停留，以成鈷層。此種鈷層，厚不過一鈷原子，惟其蒸發電子之效力，得增數十萬倍。鈷原子增多，鈷層即加厚，其加厚之處，鈷原子立即蒸

發，鈦層之厚薄不變若將溫度增高數百度，則氫化鈦之還原較前加快，而鈦原子之移至表面者，亦見增多，惟溫度高，蒸發快，短時間內蒸發完盡，鈦層消滅綜觀上述，此種鈦層頗屬靈敏，其溫度範圍至為狹小，在攝氏1700度左右時，氫化鈦之還原繼續不息，鈦原子即為蒸發，猶能陸續補充，故以攝氏1700度左右之溫度，對於塗鈦燈絲，最為適當，超越此限，鈦層極易蒸發，鈦原子消失極快，電子發射困難，真空管即為無用，通用真空管如UX-201A等，其燈絲電壓必為5伏脫，電流必為0.25安倍者，即為保持此適當溫度耳。

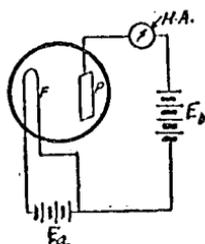
140b. 塗有氫化物之燈絲(Oxide Coated Filament)

真空管發明後，燈絲製造，即有許多學者之研究，其目的在利用何物為燈絲，塗以何物，得使燈絲電流減少，而電子蒸發增多也，研究結果，始知鎢絲之外，塗以氫化物，用十分之一之電力，得有同樣電子之蒸發，數氫化物之效用驚人，燈絲之製造即猛進，大概塗有蒸化物之燈絲，成扁平狀，內部金屬，則為鎢鎳之合金，其扁平之目的，即使燈絲表面，隨處有尖銳之曲線，氫化物易於附着也，製造之初，則用鋁鎂之氫化物者，溶于白蠟(Paraffin)，塗于燈絲，焙乾之後，即能附着于燈絲之面，惟為增加氫化物之分量，以及附着牢固起見，一塗一焙，前後須有十五次，故製成後之燈絲，呈灰黑色，通電以後，呈暗紅色(Dull Red)，倘使用合法，此種燈絲，可有幾千小時之壽命，故較新真空管，如UX 250及UX 245等皆利用之。

以塗有氫化物之燈絲與塗有鈦層者，兩相比較，各有優點，普通言之，塗有鈦層之燈絲，即於鈦層蒸發以後，倘燈絲內部，尚有鈦質，即可用復活法(參考第171節)，通以較大之燈絲電流，使內部鈦原子，移於外面，並能繼續施行，待鈦質完全消滅而止，塗有氫化物之燈絲，固不能施行復活法，惟就蒸發電子言，效率方面，較勝於前者不少，平均論之，假定二種燈絲，蒸發電子，彼此等值，而電力之耗

給於塗有氮化物者，僅為輸給於塗有鈦層者之半數耳。不特此也，溫度方面，二種燈絲，於蒸發同樣電子數時，塗有氮化物者，得降低攝氏 400 度。若言壽命，則塗有氮化物之燈絲，尤較塗有鈦層者為優異矣。

141. 二極管



第一百四十八圖

如第一百四十八圖，F 為燈絲，P 為屏極。燈絲於管外接以電池 E_a ，專名之曰 A 組電池 (A Battery)。燈絲上有電流，得熱量，放射電子。若屏極不與管外任何電路相連，則管內電子，必逐漸增多，滿佈空間。其速者必與屏極相碰，改變其運動方向。照前述電子同性相斥之理，於短時間內，電子愈多，斥力愈

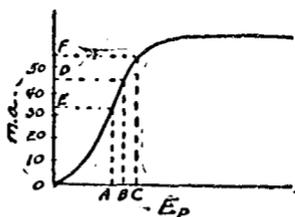
大，使燈絲不能放射電子而止。

將 P 與電池 E_b 相連，如第一百四十八圖所示。於是屏極電壓，與燈絲合言之，成一屏路 (Plate Circuit)，特有空間占其中。圖中 E_b 專稱之曰 B 組電池 (B Battery)。燈絲因燃熱之故，放射電子，電子為負性，被屏之陽極所吸引，飛渡空間，抵屏極後，在 $P E_b F$ 電路內通行，成屏流 (I_p)。其大小得用千分安培表 (M. A) 量度之。

142. 二極管之特性曲線

如第一百四十八圖，將 B 組電池數增減，即增減屏電壓。其吸引電子之力，亦起同樣變化。凡屏電壓愈大，則吸收電子之力亦愈大，自 F 而來之電子數亦愈增，屏流亦如之。若減少屏電壓，即減少屏流。情形若此，頗似歐姆定律。實則不然，茲用第一百四十九圖以

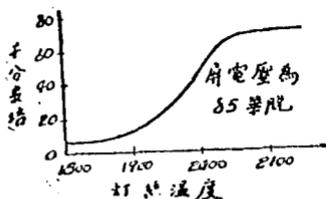
明之。如第一百四十八圖，使燈絲電流 (I_f) 為定值後，將 E_p 逐漸增加。每 E_p 之一值，必有 I_p 之相當值。以 E_p 及 I_p 各組相當值圖表之，可得如第一百四十九圖之曲線，專稱之曰 $I_p - E_p$ 特性曲線。按圖細察，若屏電壓與屏流之關係為歐姆定律，圖中曲線必屬直線。今不為直線，其不同歐姆定律可知。當屏電壓增至 0 伏脫以上，屏流



第一百四十九圖

之增加極少，漸近常數，此謂飽和 (Saturation)。屏流大小，與燈絲電流多少有直接關係，因燈絲電流之大小，即定其溫度之高低。燈絲溫度愈高，電子放射愈多，屏電流亦愈大。故如第一百五圖，使 E_p 為八十五伏脫定值後，將 I_f 逐漸增加。每 I_f 之一值，必有其相當溫度。每一相當溫度，必有 I_p 之相當值。以各組溫度及 I_p 之相當值圖表之，可得如第一百五圖之溫度與 I_p 特性曲線。因溫度與 I_f 之關係複雜，普通求此種曲線時，直接用 I_f 稱之曰 $I_p - I_f$ 特性曲線。按圖細察，當燈絲溫度為 2000 度 (絕對溫度) 後， I_p 亦成飽和。

143. 飽和之解釋



第一百五圖

如第一百四十九圖，屏電壓自 A 至 B，則屏流自 E 至 D。屏電壓自 B 至 C，則屏流自 D 至 F。AB 雖等於 BC，ED 則較大於 DF。其所以不等，由於 F 點漸近飽和值所致。考飽和值之由來，實因 I_f 為定值，燈絲放射電子數亦為定值。

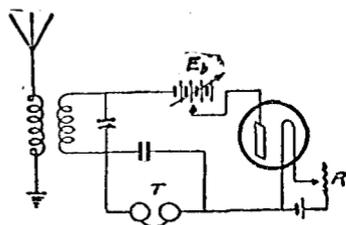
E_p 漸高，不過引到屏極之電子數愈多而已。當屏極所吸到者，與燈

絲所放射者相等後，即 E_p 分外增加，電子之供給有限，屏流遂成常數。

如第一百五十圖曲線，當燈絲溫度為 1800 度時， I_p 極小，即自燈絲所放射之電子為極少，溫度自 1800 度逐漸增加， I_p 之增加極速，抵 2050 度時， I_p 成飽和值，此飽和值之由來，實因 E_p 為定值，吸引電子之數亦有限，至一定限度後，燈絲溫度雖增，電子放射雖多，屏極已無分外之力，以吸收多量電子，故 I_p 成飽和值，其餘不被屏極吸引之電子，瀰漫於燈絲與屏極間，彼此排斥，或回至燈絲，或阻止燈絲，不繼續增加放射，此種電子曰空間電子 (Space Charges)。

144. 二極管用為檢波器

細察第一百四十九圖， $I_p - E_p$ 特性曲線，有最大曲度二點，一近於 O，一近於 F，如第八章第 135 節所述，必可利用此最大曲度，藉以檢波，弗蘭敏氏發明二極真空管檢波器，其理實基於此，檢波器接法如第一百五十一圖，圖中 E_b 之上，附有矢線，表明 E_b 得隨意



T: 聽筒
R: 變量電阻器
 E_b : B 組電池

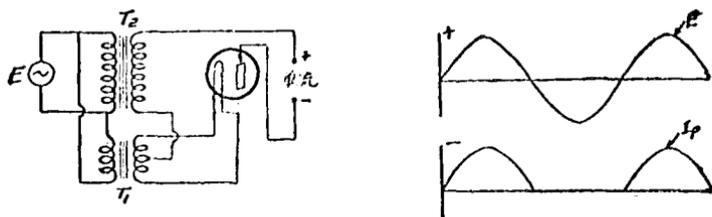
第 一 百 五 十 一 圖

調節，以便利利用其 $I_p - E_p$ 特性曲線之最大曲度。

145. 整流器

如第一百四十八圖，將 E_b 接法倒置，而以 E_b 之負極接至屏，屏極為負，反斥電子，屏流不通，故千分安培表 (M. A) 之指針不動由

是可知，以交流電壓代 E 後，當交流電壓為正向時，有屏流，負向時無屏流。如是電壓一週，得電流半週，是即所謂顫動電流也。將交流變成顫動電流者，曰整流器，以二極真空管製成者為多數，其接法如第一百五十二圖 (a)。



E : 交流電壓, 110 伏脫或 220 伏脫。

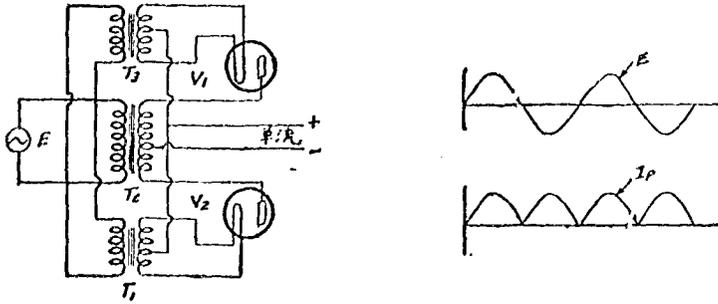
T_1 : 下階變壓機, 用以燃熱燈絲。

T_2 : 上階變壓機, 其高壓經二極管而成顫動電流正負如 b 圖所示之 I_p 。

(a) 第 一 百 五 十 二 圖 (b)

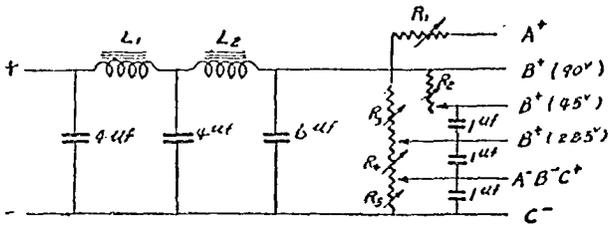
如第一百五十二圖 (a), 於 (+) (-) 之間, 接以相當密電池, 即可使密電池充電。第一百五十二圖 (b) 表交流經過整流器後之情形, E 為交流電壓, I_p 為屏流, E 之負向半週, 完全無用, 效率不高, 故將整流器, 如第一百五十三圖 (a) 而裝置之, 電壓一週, 均屬有用。

當 E 為正向半週時, 假定 V_1 有整流作用而 V_2 則否, 反之 E 為負向半週時, V_2 有整流作用, 而 V_1 則否, 故 E 一週, 均有 I_p , 其情形如第一百五十三圖 (b)。近來交流接收機 (A. C. Receiver), 風行於市, 因交流接收機, 能自電燈線上, 直接取用電能, 無須 A 組或 B 組



(a) 第 一 百 五 十 三 圖 (b)

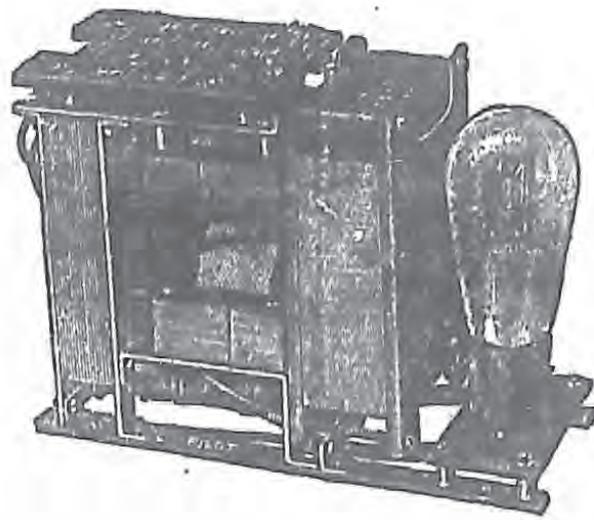
電池等設備其用接法如第一百五十四圖各機件裝成後之式樣如第一百五十五圖第一百五十四圖中 (+) (-) 自第一百五



- | | |
|-------------------------|----------------------------|
| R_1 : 0-8000 Ω | R_2 : 0-3000 Ω |
| R_3 : 0-5000 Ω | R_4 : 0-1500 Ω |
| R_5 : 0-500 Ω | L_1, L_2 : 30h. (100m.a) |

第 一 百 五 十 四 圖

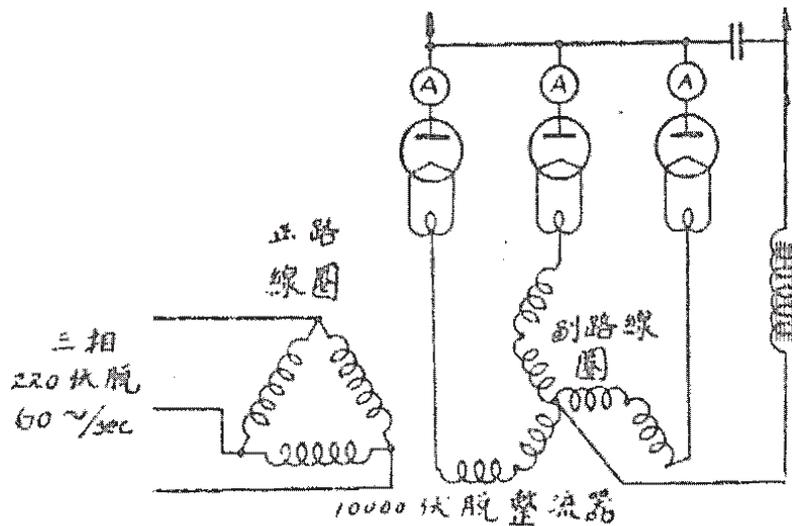
十三圖 (a) 之 (+) (-) 接來二極管可用 UX281, E 為 110 伏脫, 屏電壓為 750 伏脫, 每管之屏電壓為 350 伏脫, 低電壓為 5 伏脫.



A B C 組電池代用器

第 一 百 五 十 五 圖

整流器之用於發報機者，電工率極大，裝置與作用之理亦不外上述，惟交流電力，恆為三相，故整流器亦常如三相之接法，始為經濟，其情形如第一百五十六圖，亦有用六相變壓器者，不過如第一百五十六圖而再增三個二極管耳。此種二極管，因電工率極大，須裝水管以涼之。



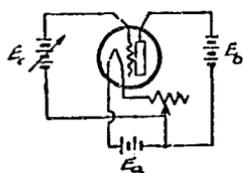
第 一 百 五 十 六 圖

最近又有所謂氧化銅整流器者 (Copper Oxide Rectifier)，以氧化銅塗於銅片，交流經過其接觸處後，即成顫動電流，其流向之單一有勝於二極管整流器，且於四方吋面積內，即能供給電流一

安培為用之大，當取二極管者而代之。

146. 三極管

二極管中，屏流多少，得由燈絲溫度，或屏電壓變化控制之理，已如前述，三極管中之柵極，置於燈絲、屏極間，控制屏流，更屬靈敏。其接法如第一百五十七圖。O 組電池 (E_c)，連於柵極及 E_a 之負極。柵電壓之為正為負，依 O 組電池與柵極所連者，為正極或負極



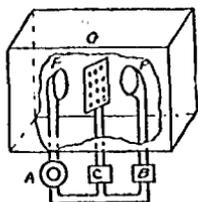
第一百五十七圖

而變。若為正，則吸引電子，即得電流。作用與屏極完全相同，徒使燈絲便於放射電子而已。惟柵為鈎絲繞成，其面積與屏極較，相差甚大，故電子之一部分，因柵電壓增加而吸來者，未能盡為柵極所吸收，經柵極之隙，

而逃至屏，屏流亦較原數增加。若柵為負，則與電子相斥，使電子一部份，不能越柵抵屏，屏流因之減少。若增加柵之負電壓，至極高度時，可將全部電子排斥，屏流為之中止。

柵與燈絲之距離，較近於柵與屏之距離。惟其近，故柵電壓之或正或負，或大或小，所得控制屏流之效果，亦較單獨變化屏電壓時為靈驗。彼三極管能利用於無線電傳訊者，實基於此理，以下當道其詳。

147. 三極管之比喻



第一百五十八圖

今用一種機件，如第一百五十八圖，以喻三極管之作用。F、G、及 P 置於木箱內，中間空氣，抽至極稀，連續之管，貯以麵粉，麵粉細粒，用以代表電子。A 為吹氣機，吹氣之力，適能使麵粉漫佈於外，保持常度。其作用

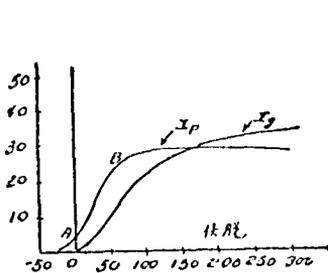
與A組電池相當，B爲吸氣機，與斗形之P相連，以便吸取麵粉，P與屏相當，B與B組電池相當，P之吸力大，則吸取之麵粉多，是猶屏電壓增高，而吸引之電子數亦增多也。若P改爲吹氣機，不但不能吸取麵粉，且須吹斥而遠之。故在三極管，如以B組電池之負極與屏相連，排斥電子，屏流絕止，C爲吸氣機，與C組電池相當，其末端G與柵相當，G之面有無數小孔，每孔與C相通，當麵粉過孔時，一部分除爲C吸取外，他部分仍能穿孔達於P，今以P之吸力保持常度，而後將C開動，因G與F較近，其吸力之效果亦較大，得直接吸取麵粉，達其四周，但G與C之通道微細，麵粉之引入量極小，大部分麵粉仍橫穿小孔，而達於P，故P處所得麵粉量，較前增大，是猶以C組電池之正極，與柵相連，吸引電子，而電子之大部分仍至屏極也。若將C之吸力加大，則P處所得麵粉量亦加大，是猶C組電池增多，而屏流亦加多也，當C之吸力過大時，麵粉直入通道，不達於P，P處所得麵粉細粒，因而減小，是猶柵端正電壓極高時，屏流反爲減少也。若將C變爲吹氣機，麵粉入G，當然中止，且能減弱P之吸力，阻止一部分麵粉，自F而P，吹力至適當高度時，竟能阻止全部麵粉流通，是猶柵端爲負，屏流減少，甚至中止也。

148. 三極管之特性曲線

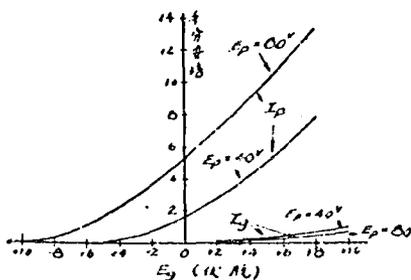
屏流因柵電壓(E_g)變換，而變換之理，已如前述，今於第一百五十七圖，使 E_p 爲40伏脫後，將 E_g 變換，量度 I_p 及 I_s (柵流)之相當值，得圖表如第一百五十九圖，圖中有曲線二根，一爲 I_p-E_g 曲線，一爲 I_s-E_g 曲線。

I_p-E_g 曲線中有B與A二處，曲度特大，在AB間部分近爲直線，故柵電壓之或增或減，所得屏流之變換，完全相同，B點以往， I_p 漸成飽和值，於 I_s-E_g 曲線上，當柵電壓與屏電壓(40伏脫)相近等值時，柵流之增加甚快，因其電壓高，吸力大，電子之向屏進行

者，漸入於柵故也。



$E_p = 40$ 伏脫



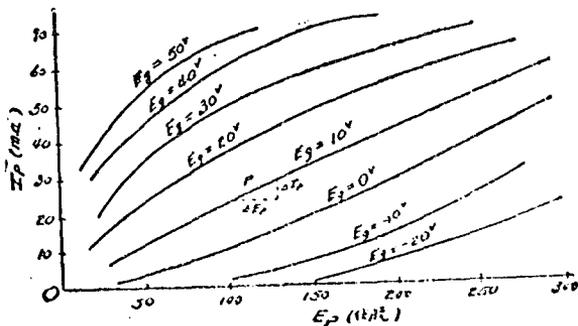
$E_p = 80$ 伏脫

I_k 與 I_p 之單位為千分安培

第一百五十九圖

第一百六十圖

如第一百五十九圖及第一百六十圖之曲線足以表明三極管之性質，故亦有特性曲線之名。若將固定之 E_p ，如 40 及 80 伏脫等，變換一次， I_p-E_g 及 I_s-E_g 曲線狀態亦變換一次。由此以推可得無數特性曲線如第一百六十圖所示者為 UX201A 之二根 I_p-E_g 及 I_s-E_g 特性曲線。如使 E_g 為定值而後變化 E_p 亦可得 $I-E_p$ 特性曲線第一百六十一圖所表示者便是。就許多 I_p-E_g 及 I_s-E_g 曲線



第一百六十一圖

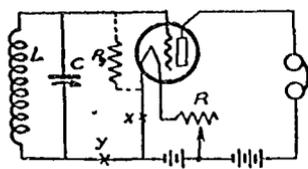
中,或用或否,均隨應用者之目的而定,即以曲線本身論,某部可用為檢波,某部可用為放大,俟後詳述。

149. 屏路耗阻與柵路耗阻

限止屏流者雖不為耗阻,其實與耗阻相似,是曰屏路耗阻,屏路耗阻對於三極管應用上之關係極大,屏路耗阻有二種:一曰交流耗阻二曰直流耗阻,前者得用交流測驗法量之,後者得自 $I_p - E_p$ 特性曲線求之,不論屏路耗阻之為交流者或直流者,其數值之大小,當視三極管所用 E_c, E_p 而定,即以直流耗阻論,其值當為 $I_p - E_p$ 特性曲線斜度之倒數,蓋 $E_p - I_p$ 之斜度為 $-\frac{\Delta I_p}{\Delta E_p}$, (參考第一百六十一圖) 而耗阻為 $\frac{\Delta E_p}{\Delta I_p}$, 故也,細察第一百六十一圖,各種 $I_p - E_p$ 特性曲線各線之形態既不同,一線上各點之斜度亦不一,故所謂三極管之屏路耗阻者必當指明 E_c 及 E_p 之值,未可以一耗阻之值而代表一切,其數恆以直接量得者為可靠。

柵路亦有耗阻,其值甚大,恆視柵電壓之正負而定,至柵電壓之正負,恆以燈絲之負極為標準,燈絲負極公認為零電位,如三極管 UX201 A 之柵極直接接至燈絲之負極時,其柵路耗阻約 100,

000 歐姆,若柵電壓為負一伏脫時,其柵路耗阻約在五兆歐姆左右,實用上,三極管之司檢波或放大工作者,其柵路耗阻非極大不可,例如第一百六十二圖,為一座三極管之檢波電路, LC 為配諧



第一百六十二圖

電路,虛線相連之 R, 為柵路耗阻,與 C 適成並聯,若 R, 為極小,使 C 有短路失去作用,即為不大,根據第五章第 87 節所述之理,將 R, 化為 C 之串

聯耗阻後, LC 內增加若干歐姆,配

諧不銳,選擇性不良,為極大時,化得之串聯耗阻極小,對 LC 之配

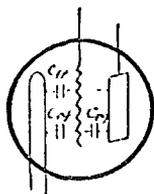
諧，無甚影響。欲使 R 極大，如上所述，只有於柵路內接以相當負電壓。普通接法有二：一以第一百六十二圖中 R ，移至 x 處， R 有燈絲電流通過得若干電壓降，柵路即得負電壓；二不移動 R 而以 C 組電池接在 y 處，將其負極連至柵極，得同樣效果。 R 曰變量耗阻器 (Rheostat) 用於燈絲電路，以調節燈絲電流之值，其式樣如第一百六十三圖。



第 一 百 六 十 三 圖

150. 管內電容器 (Internal Condenser)

凡不相連之導線間，必有電容器。於三極管中，燈絲、屏、柵三者，在管內各不相連，由前之說，燈絲與屏或柵間，及屏與柵間均有電容器，可無疑義。第一百六十四圖所示者，即表示其存在。彼等電容器雖小，因射電週率極大，其關係亦大。就中以柵屏間之電容器，最為重要。



C_{fg} : 屏柵間之電容器

C_{fc} : 燈絲與柵間之電容器

C_{fp} : 燈絲與屏間之電容器

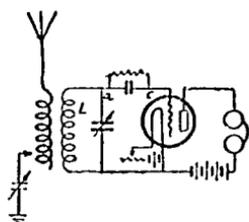
第 一 百 六 十 四 圖

151. 三極管用為檢波器

用三極管為檢波器，方法有二，茲分述之

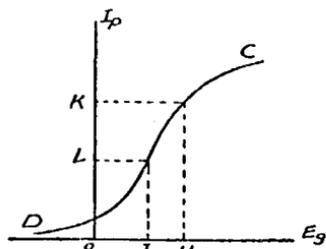
第一法 此法於柵極連一定量電容器，(0.000250 μf)，器端又與高耗阻 (五兆歐姆左右) 並聯。此高耗阻曰柵漏 (Grid Leak)，如第一百六十五圖，a o 二點間，所接者便是。

配諧電路 (L) 中，因天線電流之感應而發生電壓時，其性質普通認為正弦曲線，故 L 兩端正負相間。初設 L 得正電壓 (即正弦線之上半部) 亦即柵路中忽增正電壓得吸收電子，柵極上電子數，亦增加。此種電子，於極短時間內，積貯於定量電容器器之兩端。雖接柵漏，因其耗阻極高，於電壓一週期內，不能使電子漏失。待得負電壓時，(即負向半週) 柵路得負電壓，不能吸收電子，即不能使原有之電子數增加。故以一週電壓合言之，柵極電子數增加。但電子為負性，因柵極電子之增加，柵極即得負電壓。若柵極之原來電壓為負者，經一週電壓作用後，其電壓必將更負。若柵極原來之電壓為正者，經一週電壓作用後，其正電壓必將減小。若一組電波相繼而來，即電壓之許多週數，相繼在柵電路作用，柵極所積電子漸多，其極上之負電壓亦漸大。如第一百六十五圖中柵路之原有電壓為正，蓋其所接者，為燈絲之正極也。



第一百六十五圖

第一百六十六圖中，DC 為第一百六十五圖電路所用三極管之 $I_p - E_g$ 特性曲線。無電波時， E_g 為 OH， I_p 為 OK。繼因一組電波之作用而減小，變為 OJ，於是 I_p 為 OL。待一組電波終止後，柵端所增電子，得由柵漏漏去，於是 E_g 亦得復其原數。此



第一百六十六圖

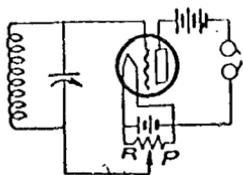
I_p 回至 OK, 至屏流之真正情形, 如第一百六十七圖。若外來電波之組數為每秒一千, 於是聽筒內電流之變化, 每秒內亦為一千, 得清晰之音。



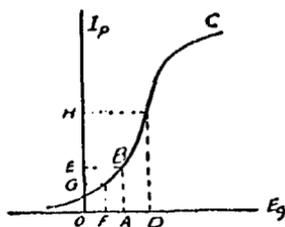
A: 電波作用後之屏流
B: 無電波以前之屏流

第一百六十七圖

第二法 此法應用 I_p-E_g 特性曲線之下半段, 其接法如第一百六十八圖。A 組電池兩端, 與耗阻 R 並聯, R 上有滑接 P, 得自由左右移動, 以損益柵電壓之大小, 俾能利用 I_p-E_g 特性曲線下半段之最大曲度, 如第

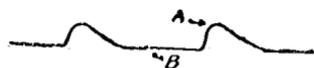


第一百六十八圖



第一百六十九圖

一百六十九圖 BC, 為第一百六十八圖電路所用三極管之 I_p-E_g 特性曲線, 將第一百六十八圖電路內 P 點移動, 使柵電壓為 OA, 則依 BC 曲線 I_p 為 AB, 而 B 點之曲度最大。倘外來電波得將柵電壓變化, 自 OF 而 OD, I_p 之變化自 OG 而 OH, 因 GE 小於 EH, 故屏流為一組電波所作用後, 其所增者大於其所減者, 是即所謂聚集作用, 在聽筒內得所增電流之結果, 如第一百七十圖。若電波組數, 每秒適



A: 電波作用後之屏流
B: 電波作用前之屏流

第一百七十圖

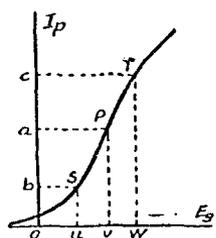
爲一千，則聽筒內電流之起伏亦爲每秒一千得清晰之音。

第一法較第二法爲靈敏，故現時所有三極管，均爲第一法。至柵漏及定量電容器之適當數值，應參考所購三極管之說明書。柵漏及定量電容器與柵極之接線，愈短愈妙，且宜清潔，勿染塵垢，否則電子取異道漏去，有損接收機之靈敏度。

152. 三極管用爲放大器

三極管得接收較弱之電流，使成較強後而輸出，作用若此，即曰放大器。至其放大能力，全由所用乾電池或濕電池供給。尋常放大係數（Amplifying Coefficient）在 8 倍左右，大者有百倍以上，記號爲 μ 。

三極管所以能放大之理，已於前數節略述，即柵電壓稍增減，而屏流大爲損益是也。如第一百七十一圖，SPT 爲某三極管之 I_p-E_g 特性曲線。當真空管電路不受外來電波作用時，其柵電壓爲 ov ，屏電流爲 oa 。若因外來電波之作用，柵電壓忽自 ov 而 ow ，



第一百七十一圖

則依特性曲線之關係，屏流必自 oa 而 oc 。反之柵電壓自 ov 而 ou ，則屏電流必自 oa 而 ob 。柵電壓變化於 uw 間，屏流變化於 cb 間。若 SPT 適爲直線，則 uw 間及 cb 間之變化完全相同。但 cb 大而 uw 小，故有放大功用。SPT 之斜度愈甚，則放大之效果愈大。欲 SPT 之斜度愈大， E_g 當愈高，此理

可比較第一百五十九圖及第一百六十圖中， I_p-E_g 曲線而知之。故凡三極管之用爲放大器者，必有適量之 E_g 及 E_g （即 ov 此數於實用上恆爲負值），以便利用特性曲線之直線部分，非若接音時利用其最大曲度。

153. 失真放大

於第一百七十一圖中，若 TP 為直線，而 SP 為曲線，自圖推測， ac 必大於 ab 。彼 I_p 之已經放大者，必與 E_s 之形式不同，若 E_s 為正弦函數者， I_p 必不為正弦函數，失去真面目，是曰失真 (Distortion)。接收無線電話時，某種聲音清晰，某種聲音模糊，即因失真放大所致。欲免失真，當求 SPT 為直線。且自電波感應而生之最大電壓，應合於下式：—

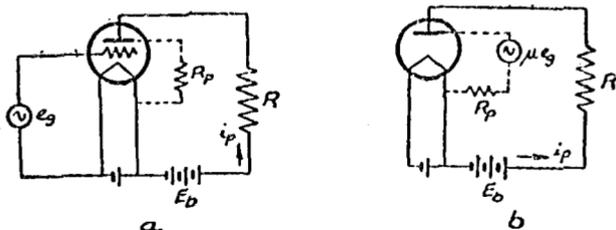
$$E_{m,e} \leq v_w = v_u \dots\dots\dots (138)$$

蓋 $E_{m,e}$ 大於 v_w 時，T 點以上，S 點以下，均為曲線， I_p 之變化，必不能如 E_s 之變化，即成失真放大。

三極管之放大作用，不因被放大者之週率而異。凡由電波感應而成之電流，先放大而後檢測者曰射電週率放大，先檢測而後放大者曰音週率放大。因放大之週率不同，接收機之組織亦異，俟於接收機章述之。

154. 三極管之相當電路

當三極管用為檢波或放大時，如前數節所述，柵路即受到一種交流電壓 (e_s)，因 e_s 之變化，屏路內亦生交流 (i_p)。故學者稱前者曰輸入電路 (Input Circuit)，後者曰輸出電路 (Output Circuit)。又因三極管有放大作用， I_p 受 e_s 變化之影響，恆較 E_s 自身變化時之影響為大。設 I_p 因 e_s 之增加而增加者為 i_1 ，今將 e_s 不增加，僅增加 E_p ，使 I_p 之增加者，亦為 i_1 ，此時 E_p 之增加者必為 e_s 之 μ 倍。故三極管電路，得變成相當之二極管電路，特於屏路內，增加一新電壓 μe_s 而已。第一百七十二圖 a 為三極管之原來電路，b 為變化後之相當電路，屏路中之交流必適合於下式：—



第 一 百 七 十 二 圖

$$i_p = \frac{\mu e_g}{R + R_p} \dots\dots\dots(139)$$

(139) 式中 R 為外耗阻, R_p 為內耗阻, 此式對於三極管電路各種計算, 應用極大。

例題 如第一百七十二圖 b, 已知 $R_p = 9800 \Omega$, $\mu = 8.1$, $e_g = 2V$, $R = 10,000 \Omega$ 試求 i_p , 電壓之放大倍數及輸出電工率。

(解) 應用 139 式得:—

$$i_p = \frac{8.1 \times 2}{10,000 + 9,800} = \frac{16.2}{19,800} = 0.82 \text{ m. a.}$$

$$R \text{ 上之電壓降 (即輸出電壓) } = 0.82 \times 10,000 \\ = 8.2V.$$

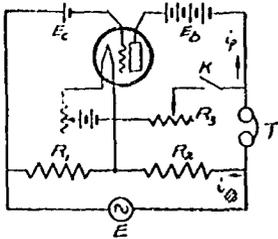
$$\therefore \text{電壓放大倍數} = \frac{8.2}{2} = 4.1$$

$$\text{輸出電工率} = i_p^2 R = .82^2 \times 10,000 \\ = 6.5 \text{ 千分瓦特}$$

155. 放大係數之量法

三極管之放大係數, 用第一百七十三圖以測量之, 如圖將 K 不合, 而變換 R_1, R_2 , 當聽筒無音可聞時,

$$\mu = R_2/R_1 \dots\dots\dots(140)$$



K: 開關

E 之週率為 1000 週/秒左右

R₁: 0-100Ω

R₂: 0-1000Ω

第一百七十三圖

設於某時自 E 所給之電流為 i，因三極管之管內電容器極小，且彼此不相連接，故 i 僅能在 ER₁R₂ 電路中通行，其電位降之在屏電路者必為 iR₂，在柵電路者為 iR₁。如圖示 i 之方向，iR₂ 為正，故屏路內增加正電壓 iR₂，因 iR₂ 而得 i_p。iR₁ 為負，故柵電路內增加負電壓 iR₁，亦即於屏路內增添負電壓 μiR₁，使屏流減少。今聽筒無聲，即屏流之增加者與減少者相等，亦即 iR₂ 及 μiR₁ 對屏流之影響相消。 ∴ iR₂ = μR₁i ∴ μ = R₂/R₁

應用第一百七十三圖所量之 μ，不過屏電壓為 E_p 及柵電壓為 E_g 時之 μ。若將 E_p、E_g 變換，μ 亦變換，故 μ 隨電路情形而變，非為常數。其變化情形，請參考第一百七十四圖。

156. 屏路耗阻之量法

如第一百七十三圖，將 K 關上，而後將 R₂ 及 R₃ 變換，當聽筒無聲音時，

$$R_p = R_3 \left(\frac{R_1}{R_2} \mu - 1 \right) \dots\dots\dots \text{(歐姆)} \dots\dots\dots (141)$$

設某時電流之經過 R₁ 及 R₂ 者為 i，屏流之經過 R₃ 者為 i_p 則

$$e_g = iR_1 \quad e_p = \mu e_g \quad i_p = - \frac{\mu e_g}{R_p + R_3}$$

因聽筒無聲，故 $iR_2 = i_p R_3$

$$\therefore iR_2 = R_3 \frac{\mu i R_1}{R_p + R_3}$$

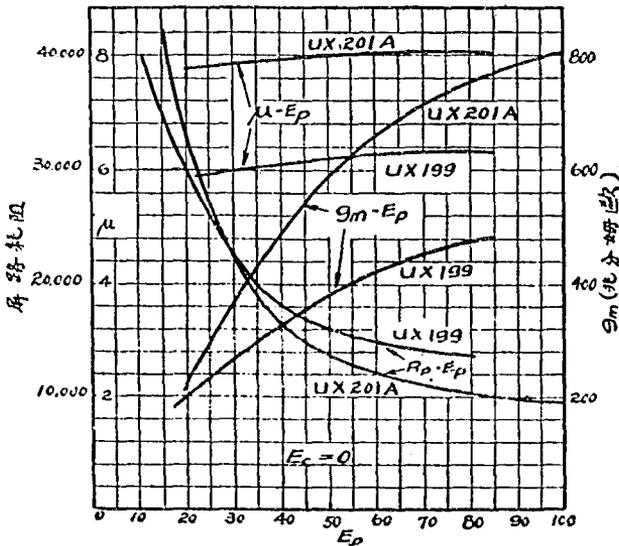
$$\therefore R_p + R_j = R_j \frac{R_1}{R_2} \mu \quad \therefore R_p = R_j (\mu R_1 / R_2 - 1)$$

157. 三極管之互導 (Mutual Conductance)

三極管之相當電路，既如第 154 節所述，屏路中交流，乃因柵路受到 e_z 而來，設屏路之外耗阻為零，則 (139) 式即可變成下式：—

$$i_p = \frac{\mu}{R_p} e_z \dots\dots\dots (142)$$

式中 $\frac{\mu}{R_p}$ 學者稱曰三極管之互導，用 g_m 以代表之，單位姆歐 (Mho)。耗導 (Conductance) 為耗阻之倒數，耗阻於電路中，不若自感量，彼此有互成作用，名曰互導，毫無意義，特習用已久，故名之也，互導亦有直接測量之法，若於某種情形內，已測得三極管之 μ 與 R_p ，代入 (142) 式即可計算 g_m ， μ 與 R_p 均非常數，須視三極管，所接 E_b ， E_c 之值而變，故 g_m 亦然，茲舉常用三極管 UX201A 及 UX199 之 μ ， R_p 及 g_m 等曲線如第一百七十四圖，以明其變化之狀。



第 一 百 七 十 四 圖

例題 1 於 UX201_A 電路, $E_b = 100^v$, $E_c = 0$, $\phi_c = 1^v$ 試求 i_p 之有效與最大值若 I_p 為 0.005a, 問屏路中最小與最大電流各為若干?

(解) 自第一百七十四圖, 得 $g_m = 825 \times 10^{-6}$ 姆歐, 應用 (142) 式, 得

$$i_p = 0 \quad g_m = 1 \times 825 \times 10^{-6} = 825 \mu a,$$

i_p 為有效值, 故最大 i_p 當為:

$$i_{p,m} = i_p \times \sqrt{2} = 825 \times 10^{-6} \times \sqrt{2} = 1.16 m.a.,$$

此 i_p 為交流, 以 ϕ_c 之週率為週率, 在屏路內變化, 有時與直流 I_p 相加, 故

$$\text{最大電流} = 5 + 1.16 = 6.16 m.a.,$$

有時與直流 I_p 相減, 故

$$\text{最小電流} = 5 - 1.16 = 3.84 m.a.,$$

故於屏路內, 以直流與交流合言之, 屏流情狀, 實為顫動電流。

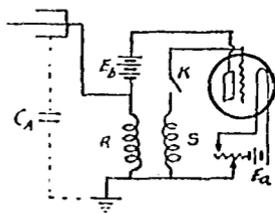
158. 三極管用為振盪器

無論何種機件, 欲藉之發生等幅振盪流, 必須有外面電能, 或其他能力, 加於其上, 始可完成其作用。今以三極管, 用為振盪器, 其 AB 組電池, 即管外所施之電能也。如第一百七十五圖, 當屏路與柵路, 置有適當之自感量及電容量, 並交連合度時, 即可發生等幅振盪流。圖中所用之三極管為 VII. A 組電池為七個半伏脫。B 組電池為三百二十伏脫。SR 為射電週率變壓器, 其交連度得任意變換, K 為電鍵, 所以節制振盪流產生者也。

當 K 未閉時, 柵上附有自燈絲飛來之少數電子, 成負極, 而屏流不大。閉 K 後, 即有下列各種作用:

1. 柵電壓為零, 因與地線直接相連之故。

2. 屏流增加,因柵極由負而零,柵電壓增加之故。
3. S 方面由感應作用,發生電壓,此電壓依屏流方向,使柵變為負極。
4. 故柵電壓又由零下降。



第一百七十五圖

5. 屏流因之減少,即經過 R 之電流減少。
6. 因 R 電流減少, S 方面又發生電壓,因正負方向適與前者相反而較強,使柵極為正。
7. 屏流大為增加。

自(2)至(7)適成一週,長此往返作用,等幅振盪流,即由此發生。K 而永閉,則振盪流發生無已,至 AB 組電池不能供給電能而止。K 而開,振盪流即中止。故曰 K 之開閉,得節制等幅振盪流之或生或否者也。

上述種種,可謂三極真空管發生振盪流之淺說,今伸言之,以明其究竟。如第一百七十五圖, C_A 為天線電容器,與 R 成一振盪電路。因 K 閉而變柵電壓,屏流隨之變化。於是 RC_A 電路,忽受 R 中電流之變化,發生極小振盪流。(即瞬流) 苟無電能之連續供給,其振盪流,必將在極短時間內,減縮自止。但 RS 相互交連, S 方面得感應電壓,此電壓經三極真空管之放大作用,使 R 有較強之電能。 RC_A 內之振盪流,不特不中止,且屏流振幅,為之增大,如是回傳作用,得供給高週率電能,藉天線而發射空間。論其原理,實與並聯發電機 (Shunt Generator) 之發生直流電壓者相似。當發電子旋轉於磁極間,因有殘磁之故,發電子兩端得電壓。此電壓輸電流於磁極,使其磁性加強。如是彼此增長,直流電壓產生焉。學者苟能以此

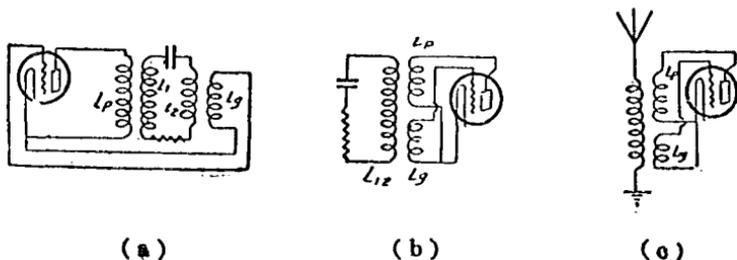
參證，則三極真空管所以產生等幅振盪流之理，不難瞭解。

如前之說，振盪流既在 RC_A 內發生，則其週率之大小，當與 RC_A 之本身週率相等，故欲變換振盪流之週率時，得將 RC_A 內之自感量或電容量變換之。

三極管電路之可以產生高週率振盪流者甚多，其效率得由 25% 而至 95%（燈絲所需之電工率不計），較勝於其他高週率發電機遠甚，且運用簡便，工作可靠，晚近發報機幾無有不用三極管者，茲分述其振盪電路。

159. 米字南電路

如第一百七十六圖，為米字南電路（Meissner Circuit），由德國柏林得律風根公司（Telefunken Co.）米字南博士（Dr. A. Meissner）發明，其優點在週率調換容易，且用磁感交連，得傳遞最大電能於其他電路，即電能之在屏電路者，傳遞至柵電路，非常簡便，美國奇異公司之商用發報機，大都利用此種電路，發報機之裝置於飛行機者，用此種電路更見優異，因飛行機上天線，搖動甚大，天線特性，如本身波長等，變化亦大，應用此種電路後，三極管本身振盪穩定，不受天線特性變換而變換，第一百七十六圖 為米字南電



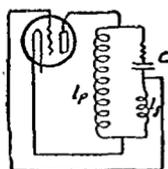
第 一 百 七 十 六 圖

路之變相，藉此圖以解其作用，較為簡捷，圖中 A, B, C 組電池，為簡

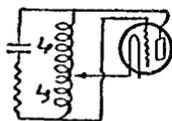
單計均略去。電路之含有 $L_1 L_2$ 者曰荷電路 (Load Circuit)。當屏電路內，直流高電壓接入時，忽得屏流。因 L_2 與 L_1 交連，使荷電路產生極微振盪流。又因 L_2 與 L_1 交連，將振盪電能，傳至柵電路。經三極管之放大作用，在屏電路內得較強之振盪流。此振盪流又傳於荷電路。如是往返作用，高週率電流，得由此生矣。b 圖為 a 圖之改良者，亦即為米字南電路之原有接法。 L_1 與 L_2 不相交連，惟各與荷電路之 L_{12} 交連。c 圖為米字南電路，用為發報機時之接法，與 b 圖相較，特以天線電路為荷電路而已。

160. 哈脫來電路

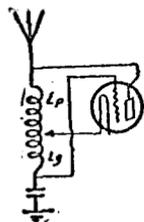
由米字南電路，蜕化而成者，有哈脫來電路，其接法如第一百七十八圖。由美國西方電氣公司 (Western Electric Co.) 工程師哈脫來先生 (Mr. R. V. L. Hartley) 所發明。其產生振盪流雖易，惟電能變換不易，(即發報機電能之增加或減小) 效率不高，似較米字南電路為遜。且發報波長在 200, 300 米突間，而用電容量不大之天線者，極難得最大電工率，但小規模發報機，或實驗室中振盪器，或外差接收機等，因哈脫來電路振盪容易，多利用之。應用時能以較大電容量，接入振盪電路，能得較大效率。如 (a) 圖，當屏電壓接上，得屏流時，使 $L_1 L_2 C$ 電路，產生極微振盪流，於 L_2 上有週阻電



(a)



(b)

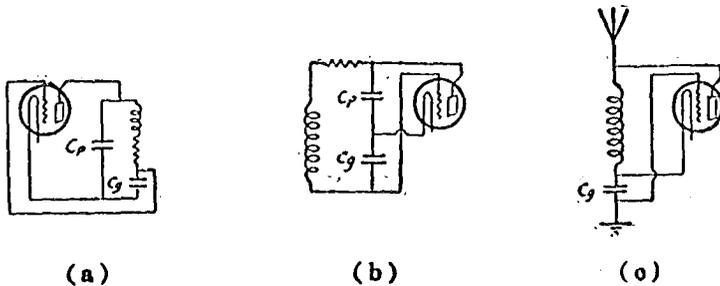


(c)

減降此電壓直接接至柵電路，經三極管之放大作用，使 $L_1 L_2 C$ 之振盪加強，於是產生高週率電流。(b) 圖為哈脫來電路之原來接法，(c) 圖特以天線電路為振盪電路而已。

161. 考畢子電路

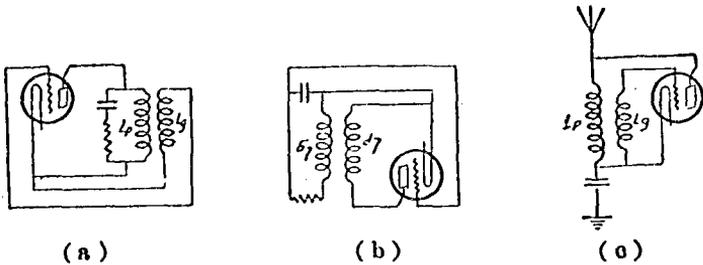
與哈脫來電路相似者，為考畢子電路 (Colpitts Circuit)，由美國西方電氣公司工程師考畢子先生 (Mr. E. H. Colpitts) 所發明。其作用接法等，可謂與哈脫來電路無異，惟將哈脫來電路中之 L_2 及 L_1 ，調以 C_1 與 C_2 而已。其接法如第一百七十九圖。此電路業餘無線電家，用之甚廣，因能利用電容量不大之天線，亦能得優異之效率故也。



第 一 百 七 十 九 圖

162. 回授圈電路

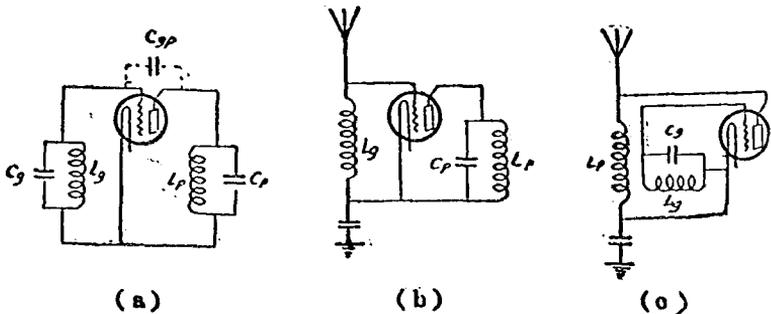
於米字南電路中省去一線圈者，為回授圈電路 (Tickler Coil Circuit)，此電路用者甚多，知之亦早。普通一座三極管接收機，往往利用此種電路。其接法有二種，如第一百八十圖 (a) 及 (b)。用於發報機者為 (c) 圖。其作用與前述者同。



第 一 百 八 十 圖

163. 屏柵諧振電路

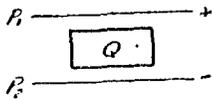
此電路作用之理，與上述者，完全不同。屏電路中，電能回授至柵電路，藉屏柵電容器為樞紐。發明者為阿姆司屈郎（Mr. E. H. Armstrong）振盪流週率，依 $L_1 C_1$ 而定， $L_2 C_2$ 與週率之影響甚小，故如第一百八十一圖 (c) 之接法即天線搖動，而變換電容量時，發報波長仍為定值。(a) 圖中 $L_1 C_1$ 及 $L_2 C_2$ 二電路，彼此諧振， $L_1 C_1$ 中電能，藉 C_{12} 而傳至 $L_2 C_2$ ，因其電容量極小，故回授電能不大，用於短波發報機，甚屬相宜。有時於管外，屏柵之間，接以變量電容器（0-0,0001 μf ）以調節回授電能，調換波長只須調節 C_1 及 C_{12} ，運用殊見方便，若波長愈短則 C_{12} 之影響大，自屏而柵之回授電能亦大，故發報機波長在二十米突以下者，應用此電路時，須有相當改良。



第 一 百 八 十 一 圖

164. 石英控制振盪器

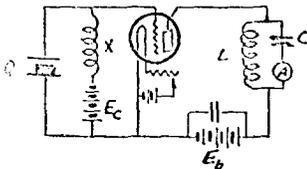
上述各種三極管振盪器所生振盪流週率固視振盪電路之本身週率而定，但放大係數及屏路耗阻亦有相當關係，此三者又隨屏電壓，柵電壓及燈絲電壓等之變化而變化，運用三極管振盪器時，三種電壓，恆有變化如電壓之由發電機供給者其變化更甚，於是振盪流週率隨之變化，不能保持定值，當此無線電事業發達，空間滿佈無線電波，發報機週率不定，彼此干擾更甚，不設法控制，實妨礙無線電通訊，控制法之最善者，對短波言，莫如石英（Quartz）。石英有二種特性，如第一百八十二圖， P_1, P_2 為金屬片，與石英



之上，下面相接觸， Q 為長方形石英晶體，當 P_1, P_2 接有電壓時，石英之厚度減小，長闊增加，其情形與加壓力於 P_1, P_2 相等，若將電壓之正負相反，則長闊厚之變化亦相反，其變化者雖微而前後

第一百八十二圖

變化之程度相等，反之，若於 P_1, P_2 上，加以適當機械壓力，則 P_1, P_2 荷有正負不同之電，總之石英受機械的或電力的方法，使其長闊厚發生變化以後，原動力一去，其變化者立刻回復原狀，倘原動力適度，石英即發生機械振盪，因機械振盪，產生週率極高之電壓，與射電週率相近，此種高週率電壓，得用極靈敏之量電表量度之，是猶推動鐘擺，於其靜止位置之外，推力一去而鐘擺得自由擺動也。



第一百八十三圖

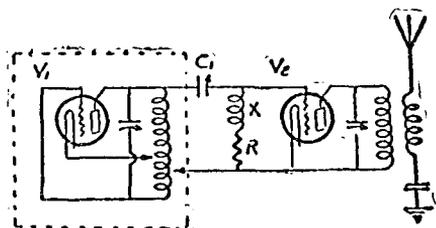
石英本身週率之大小，視其長厚而定，愈短而愈薄者，其本身週率愈高，天氣乾濕，溫度寒暖，均不足變化石英本性，故其本身週率，實用上視為定值，得用以控制振盪器之週率，如第一百八十三圖，為石英控制

振盪器電路將C調節，當L之本身週率與Q之本身週率相等時，A有極大記數發生振盪流。當L與Q諧振時，得傳遞量電能於柵電路，使石英開始振盪。自Q之振盪發生後，Q為主體，即以C變換，振盪流週率仍無變換。故L之本身週率，實與振盪流之週率，毫無關係。

石英平面，須完全平滑，金屬片安置上下彼此密切，不宜有大壓力。處理時，應十分留意。倘染塵垢，常用酒精洗淨。如平滑之面，稍有痕跡，即不能產生振盪。

165. 放大電能振盪器 (Master Oscillator)

振盪電路之如上述者，應用為發報機或播音機時，直接接至天線電路，或間接與之交連。其發射電能之週率，除本身週率外，尚有二次及三次週率等，散漫空間，徒起干擾。如用放大電能振盪器，上述之患，即可避免。其接法如第一百八十四圖，圖中虛線內者，為



X: 高週率阻流圈 R: 柵漏

V₁: 低力三極管發生振盪

V₂: 強力三極管司放大作用

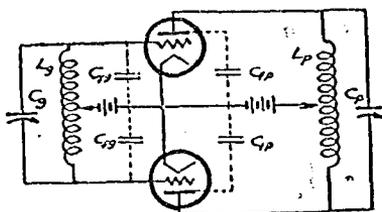
第 一 百 八 十 四 圖

哈脫來振盪電路，振盪電能，藉C₁之交連，輸至V₂柵電路，經V₂之強力放大，在屏電路得極大電能。於是輸至天線電路，向外發射。當V₁

放大時，得將本身週率放大，而不放大二次或三次等各種週率，故在天線電路內發射者，僅為一種週率。

166. 推挽式電路 (Push Pull Circuit)

週率愈高（即波長愈短）管內電容器之影響於振盪電路者愈大，故於短波振盪器，例如利用哈脫來電路者，其電容器必須較大，而後振盪產生效率較善。至須用較大電容器之原因，約言之有二端：一管內電容器即受外面振動或 E_s , E 及 E_0 等變化而變化時，不致影響振盪週率極大；二大部分高週率電流，得在振盪電路通行，不致因管內電容器所成之迴阻過小，使高週率電流，在管內通行，減少效率。若二個三極管，並聯應用之，管內電容器各各並聯，電容量增加一倍，電容迴阻減小一倍，對於振盪電路之影響為更大。故短波發報機之用二個三極管並聯者，輸出電工率，並非二倍，上述之理，最少為其要因之一。為減少管內電容器之影響計，遂有推挽式電路發明，其接法如第一百八十五圖，圖中二三極管 G_1 與

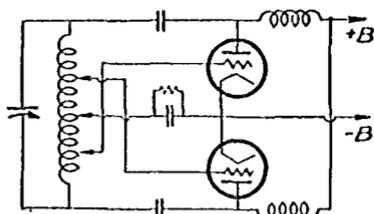


第 一 百 八 十 五 圖

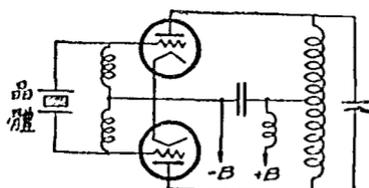
G_2 對振盪電路言，（即 $G_1 L_1$ 與 $G_2 L_2$ ），各各串聯電容量即減少一半，至振盪之理，與屏柵諧振電路完全相同，其優點除上述者外，無雙數多次週率（Even Harmonics）之產生，故高週率電流，近於純一之一次週率，即有三次或五次等週率，已甚微小，得以略視，當二管完全同樣，且 E_1, E_2 在 L_1, L_2 上之接點確在中部時，高週率電流全

在振盪電路不於 E_1, E_2 之接線上通行。

第一百八十五圖為屏柵諧振之推挽式電路，仿此推廣，凡用磁感交連以產生振盪者如米字南哈脫來，考畢子等電路均能化為推挽式，第一百八十六圖為哈脫來推挽式電路，第一百八十七圖為石英控制之推挽式電路。



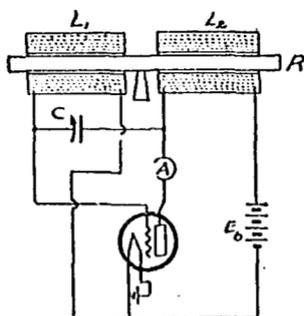
第一百八十六圖



第一百八十七圖

167. 磁棒控制振盪器 (Magnetostriction Oscillator)

石英振盪器，能控制週率之理已如第 164 節所述，惟石英價格昂貴，控制高週率者，體積狹小，尚屬合算。若至週率在 30000 以下，所費不貲，不合商用。且運用時手續繁複，製造時精確不易，又為石英振盪器之劣點。至運用上，製造上，及經濟上能優勝石英者，為磁棒控制振盪器。此器為美國哈佛大學教授皮阿司氏 (Prof. G. W. Pierce) 之新發明，論文載於無線電學會月刊第十七卷第一號 (Proceedings of I. R. E., Vol. 17, No. 1, 1929)。電路接法，如第一百八十八圖。圖中 L_1, L_2 為繞圈， K 為鑄製之磁棒， C 為變量電容器。

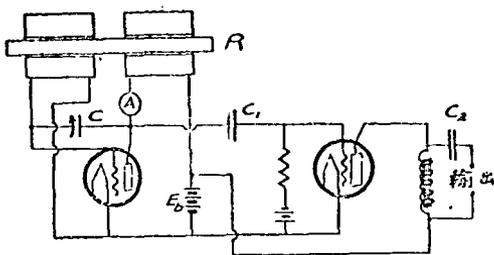


第一百八十八圖

當磁棒置於一高斯之磁場中，即縮短全長之兆分之一，因須反抗磁棒

內部之極大彈力故縮短極小，若磁場強度，依時變換，且其週期，適與線棒之本身週期相等，則線棒之伸長或縮短，較前述者增加一百倍，此時磁場強度之有效值，亦為一高斯至其增加之理，實因彼此諧振，線棒伸縮，不反抗其彈力而反抗其滯性（Viscosity）故也，反之，若將線棒拉緊，則在磁場內，所受磁化程度，即為變換。

如第一百八十八圖，設屏流稍有增減時， L_2 中磁場強度即起變化，根據上述之理，線棒為之伸長或縮短，此種伸縮由棒之右端，漸及其左端，抵左端後即變換其磁化程度，亦即變換 L_1 中之磁場強度， L_1 上遂得感應電壓，此種電壓作用柵路，經放大後，在屏路得較大電流，如是往返作用，即成高週率電流，其週率大小，依於線棒橫軸之振動次數，實用上得視為定值。



第一百八十九圖

據片氏實驗結果，凡棒長與週率相乘積之二倍，恆為聲音在該棒上之速率，又如第一百八十八圖， L_1 與 L_2 之繞法及接法，應使屏流或柵流，所產生之磁場，沿線圈之軸，彼此同向，適與回授圈電路中 L_p 與 L_g 之接法相反，三極管之 ABC 電壓及特性曲線，或 C（變量電容器）之為大為小，對振盪週率，毫無影響，有影響者惟溫度，此點似較遜於石英，但將製棒原料，妥為選擇，亦得同樣結果，原料中經過試驗，認為合格者，有純鎳（Pure Nickel），鎳鐵，鎳鉻（Ch-

ronium), 鎳銅, 鐵鈷 (Cobalt) 及鎳鐵銻等各種合金。

實驗用之磁棒控制振盪器電路,如第一百八十九圖,圖中第二三極管司放大作用,調換週率,只須調換異長之磁棒,其範圍得自成音週率而至射電週率,於極高週率,振幅殊微小,如以多次者,轉再放大,未始不可代石英振盪器而用之。

167a. 長線控制之振盪器

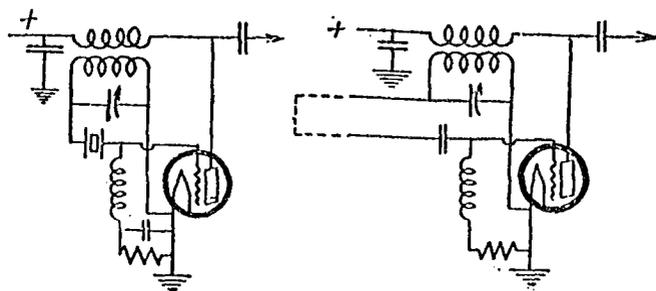
用三極管以產生高週率振盪,固屬方便,惟於運用上,欲其週率,定值可靠,勢必增加附件,如前所述石英或磁棒等,控制之法,殊不經濟,美德諸國,一定週率之振盪器,大都採用石英控制,弊之所在,電能微小,週率不高,欲達某種預定之計劃,必需許多真空管,或使週率數倍之,或使電能放大之,例如40千瓦之新式無線電機,連石英振盪器,強力放大器等合計之,共有真空管八座,其中七座,無非使射電週率為定值,於是設備費,運用煩,週率變換,亦易產生,且無線電機之應用35,000至100,000千週者,石英控制,不利有三:

1. 此種發報機,為數少而報程近,於不同區域內,同時用同週率放射,彼此未致干擾,故週率控制,似無必要。
2. 各種雜音,影響普通無線電訊者,對於上述之電訊,已無甚關係,如用定向天線,更不足為患,故收報機之選擇性,不必優異,對週率稍變之電訊,仍能易於接收。
3. 此種無線電波,恆因地面曲度,受其障礙,電能加大,報程不增,數百哩外,尚無辦法,故用小規模之發報機,已能傳遞最大距離,彼不經濟之石英控制,更無需要。

根據前理,對於35,000千週以上無線電機,改用較長之導線,為控制之新法,其道有二:一則應用較長導線,為配諧電路,以控制振盪器之週率,與石英控制,甚屬相似,一則應用較長導線,為屏相間回授交連,至長線之總阻,於相端另裝電路以配合之,長線載電波後,由屏路而至柵路,取單一方向,因其本身波長,與電波不諧振,

故反射作用極少，且電波在長線上之速率，恆為定值，倘振盪器週率，偶有變換，則線端電壓之相角，發生移動，此種電壓，接於柵路，以成振盪，故所謂相角移動，乃對屏路電壓而言，於是屏流與屏電壓間之相角，隨之變換，此變換之趨勢，適與變換週率之趨勢，相反而相消，週率得不變。

應用第一法之長線控制，如第一百八十九圖 B，因長線之本身波長，較之普通電路之本身波長，更為穩定，不易變化，故其作用

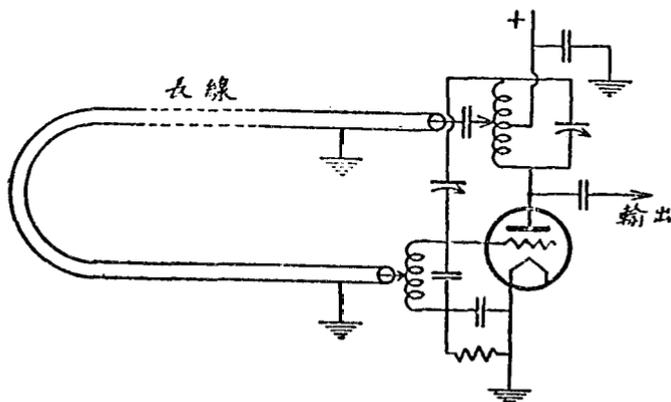


A 第一百八十九圖 B

之理，實與第一百八十九圖 A 之石英控制，完全相似，明乎第一百八十九圖 A 者，自不難以推識第一百八十九圖 B 也，倘將第一百八十九圖 B 中之長線，善為計劃，使其電流與電壓之載量極大；電工因數極小而不變，則強力發報機之週率，得以控制，如是成本低廉，運用方便，較勝於石英控制，不言而喻，以第一百八十九圖 B 所示者，仿做推廣，凡各式石英控制之電路，均得用長線控制以代之，根據美人漢賽爾等之報告，曾用 10.25 波長之二根六號銅線，以控制 13,930 千週及 20 千瓦之發報機，架於室內，運用七月，成績斐然，且上述發報機，向以石英控制，運用困難，屢見失效，自用長線控制後，反見優異，其效用可知，惟長線控制，略受室內溫度之升降，變化其控制之效果，幸變化甚微，影響不大，倘室內溫度，能為定值，或升

降微小，則長線控制，可得完善結果。

應用第二法之長線控制，如第一百八十九圖 C，圖中長線，與線外之銅管為同軸，長線兩端，接於屏柵電路，與電波不諧振，銅管接地，可隔離作用，凡屏柵間各種不需要交連，應用隔離，即可避免。



第一百八十九圖 C

且屏柵電容器之回授作用，另用平差電容器以中和，故可屏柵間之需要交連，以生振盪者，厥為長線柵路接有柵漏，使其有效耗阻為定值。長線一端，接於柵路適宜之點，使長線上所得之有效耗阻與其本身之總阻相等。如是電波之來自屏極者，經過長線，達於柵極，被柵極吸收，反射極少，遂成振盪。至控制週率之情形，已如前述 167b. 定週率之振盪器 (Constant Frequency Oscillator)

振盪器週率，不設法控制者，恆以下列四因，發生變換：—

1. 機械振動
2. 溫度升降
3. 電壓傾變
4. 荷負變動

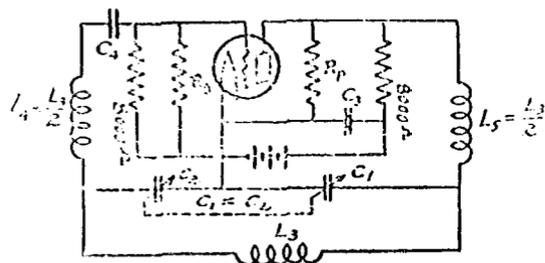
(1) (2) 二因，對電路中之自感量及電容量，直接發生影響，於是

振盪週率隨之而變，惟晚近製造進步，線圈與電容器之標準製法，得不受(1)(2)二因之影響，第(3)原因，得使真空管內部，屏路與柵路二耗阻發生變值，振盪週率隨之而變，第(4)原因，則為荷電路中之總阻，發生變值，使振盪電路之總阻亦生變值，於是振盪週率改變，且就已有事實，第(3)之影響最大，第(4)次之。故無線電學者，對(3)(4)二因，特別研究，設法避免，所得結果，可分二類，分述如下：—

a. 三極管之定週率振盪器

此種振盪器，所用振盪電路之式樣，與普通三極管振盪器，完全同樣，惟於振盪電路之外，另在柵路或屏路，分別或同時，加一適當之自感週阻或電容週阻，使柵路及屏路中之各電路，與振盪電路相交連者，均對振盪週率諧振，如是週阻為零，盡成耗阻，即有變化，乃耗阻之變值，對振盪電路之影響，亦為耗阻週率得一定。

第一百八十九圖 D 所示者，為此類振盪器之一例，柵中柵路，有 $R_g, 8000 \Omega$ 及 L_1, C_2 等相並聯， L_1, C_2 與 L_3, C_1, C_2 之振盪週率成串聯



C_3 : 柵路電容器

C_4 : 篩流電容器

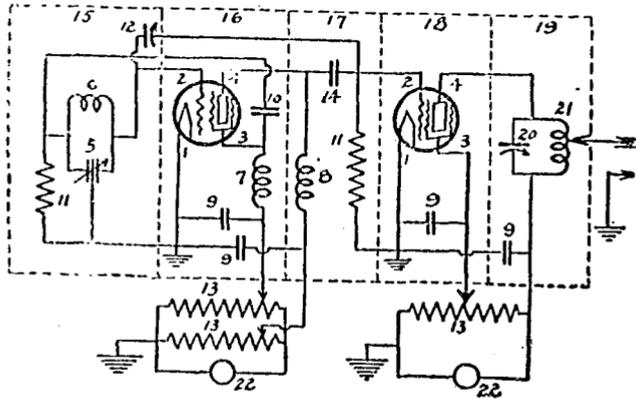
第一百八十九圖 D

諧振，故前者對後者及屏路之影響，即有變值，僅為耗阻屏路中亦有 $R_p, 8000 \Omega$ 及 L_3, C_1 等相並聯，若 L_3, C_1 與 L_3, C_1, C_2 之振盪週率，成串聯諧振，其效用與 L_1, C_2 完全同樣，故彼此變值，不足以變化振盪週率。

b. 四極管之定週率振盪器

此種振盪器，利用四極管，以產生一定週率，實為振盪器之新研究。其電路排列，則以振盪電路，與輸出電路彼此隔絕，不相影響。所用四極管之式樣為UX 865，如將其屏電壓及簾柵電壓之數值，妥為配合，二者變值時，對週率變化之影響，適相等而相反，週率得不變。

實用上此種振盪器之結構如第一百八十九圖E。按圖細察，可知



第 一 百 八 十 九 圖 E

1=燈絲

2=控制柵極

3=簾柵極

4=屏極

5=變量空氣電容器每部之最大電容量為0.00025uf

6=單層八字形線圈

7=高週率阻流圈425uf

8= " " "

9=定量電容器0.01uf

10= " " 0.002uf

11=柵漏0.1兆歐姆

12=平差電容器以二圓片之直徑爲1.2吋者組成

13=電位器

14=漸流電容器0.00065uf

15=定值溫度爐

16,17,18,19=隔離箱

20=變量空氣電容器0.0006uf

21=自感量(能較多量交流)

22=高電壓來源

左面四極管,產生定週率之振盪,右面四極管,司放大作用,振盪電路,爲考畢子式,其於三極管接至屏極之一端,現時接於簾柵極屏路中自感量(8),對於振盪電路(5,6)之各式交連,特別設計,完全避免,如有變值,不相影響,當振盪時,電路56上之高週率電壓,僅控制管內電子,流入屏極,使屏路直流,產生顫動,其顫動週率,當與振盪週率相等,此種顫動直流,經自感量(8),得高週率電壓降,接於第二四極管之柵路,放大發射之,由此觀之,司振盪電路,與屏路中任何電路之交連者,爲電子,故稱此種交連曰電子交連(Electron Coupling).

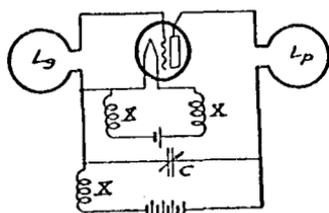
自感量(8),與電路(5)(6),在管外之電容的或磁感的交連,用隔離箱(16)後,固可避免,惟以簾柵與屏極間之管內電容器,爲交連者,隔離箱(16),亦無如之何,故於圖中,遂有平差電容器(12)之裝置,此平差電容器之電容量,應妥爲調節,使自感量(8)間之電壓,經過電容器(12),以回授電能於電路(5,6)者,適與經過簾柵與屏極間電容器者,方向相反,彼此等值,效果相消,即無交連關係,欲知平差電容器之調節,是否合度,可將屏路中,直流電壓不接,再以熱絲交連測電表,與自感量(8)串聯,此時電路(5,6)之振盪並未停止,調節平差電容器,待熱絲交連測電表,不有記數,即達中和之感,實驗結果,當一定週率爲4500千週時,簾柵

電壓為 330 伏脫，屏極電壓為 440 伏脫，如一定週率為他值則上述二電壓，亦應改變。

註：關於第 167 a 節之詳細參考，見 I. R. E. 第 19 卷 11 號 1918 頁至 1930 頁，關於第 167 b 節之詳細參考，見 I. R. E. 第 19 卷 12 號 2095 頁至 2108 頁。

168. 短波振盪電路

應用三極管發生振盪流，其波長得由極長而至極短，最短者為五米突左右，電路接法如第一百九十圖。其他短波波長在 20 米突與 100 米突間者，得應用上述各電路，特將 L_1 、 C_1 及 L_2 等減小



第一百九十圖

- X: 高週率阻流圈
 C: 變量電容器 (4-30 μf)
 L_1, L_2 : 四吋為直徑之線圈

而已，即如第一百九十圖，所示電路，亦屬屏柵諧振，其波長多少視 L_1, L_2 之自感量及管內電容量而定。應用此種電路時，各處接線應極短。 L_1 與 L_2 應直接接至三極管上。

169. 三極管電工率之算法

三極管用為放大或振盪器時，其電工率多少之算法，歐美各有標準。美國以輸出電工率為標準，歐洲以輸入電工率為標準。輸入電工率為屏電壓與屏流之相乘積，至電工率之用以燃熱量絲者不計。例如 UX 203A，其屏電壓為 1000 伏脫，屏流為 0.125 安培。依歐制此管之電工率為 $E \times I$ ，等於 125 瓦特。依美制，須視其輸出電工率而定。大抵用此管為振盪器，則天線電流約有二安培，天線

電路內耗阻普通為 12.5 歐姆,故

$$\text{輸出電工率} = I^2 R = 4 \times 12.5 = 50 \text{ 瓦特}$$

是即 UX203_A 所具之電工率也。

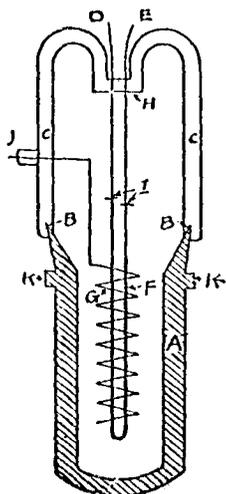
$$\text{效率} = \frac{\text{輸出}}{\text{輸入}} = \frac{50}{125} = .4 \text{ 或 } 40\%$$

照理論推算,三極管之最大效率為 50%,倘柵路與屏路調節適當,實用上,其最大效率,得增至 90% 左右。

170. 水冷強力管

自燈絲蒸發之電子,集於屏極時,有極大運動能力,此能力因電子抵屏,失去速率,完全化成熱能,使屏極溫度加高,有時甚至變成紅色,於是屏極如燈絲然,亦能放射電子,此種現象曰二次放射 (Secondary Emission) 屏流為之下降,惟屏極之正壓高,失去電子仍能吸回,故屏流之減少者於普通三極管中,吾人不易覺察。

於強力三極管,屏電壓為 20,000 伏脫,屏流為 5 安培者,不在



第一百九十一圖

振盪時約有 50 Kw 在屏極化成熱能,在振盪時,約有 100 Kw 化成熱能,屏極面積僅為幾方吋,彼熱量之因輻射或傳導而損失者,殊屬有限,若不另籌善法,使之消失,勢必燃損管內機件,減短三極管壽命。消熱法之通用者為水冷法,水冷強力管之結構如第一百九十一圖,圖中 A 為屏極,用銅製成,狀如中空之圓柱,其末端 BB 與玻璃管 CC 相合接, F 為燈絲, G 為柵極, A 浸於水槽中,其上端 KK, 適與水槽之口相吻合,水槽之水用抽水機,使之繼續流動, A 之溫度遂下降,水槽與水源間接有極長之橡皮管,水源與

大地相接， A 之電壓又高出大地數千伏脫，故流動之水，當不含鹽份，如是耗阻增大，漏電損失減少，此外又裝有自動控制器，如水溫過高，或水洗不通時，控制器作用，將屏極高壓中斷，以防危險。

171. 三極管復活法 (Method of Reactivation) 如

三極管往往因燈絲電壓過高，或荷電過量之故，屏流低降，失去作用，此種三極管得施用復活法，於較短時間，仍有效用，惟施用復活法前，當先量屏流之是否合度，量法詳於第 148 節，至各種三極管應有之最小屏流，如下表。

三極管式樣	E_r (伏脫)	E_c (伏脫)	最小屏流	最大復活 E_c	最大熾白 E_c
UX199	3.3	50	6 m.a.	4.0	19
„ 200 _A	5.0	„	12 „	7.0	18
„ 201 _A	5.0	„	35 „	7.0	18
„ 171	5.0	„	50 „	7.0	18
„ 120	3.3	„	15 „	4.0	19

例如 UX199，照上表中所示之 E_r 與 E_c 接上，屏流在 6 m.a. 下者，此管已失去效用，乃將 E_r 驟增至 3.5 伏脫，如屏流之增加，在 0.9 m.a. 以上者，此管尚可施用復活法，使其發生效用，如仍無效用者，此管非壽命已到，即荷電過量或管內真空，失去其應有程度。

復活方法隨各管之過去情形而異，如荷電過量之時間甚短者，得將前表中所示之復活 E_c 接上， E_r 撤去，越半小時後，即應測量屏流，若屏流增加，足見復活法有效，得繼續施行，待屏流至其應有之數而止，如荷電過量之時間較長者，施行復活法時，當以熾白 (Flashing) E_r 接上，約十秒至 20 秒，於是再照上述之法，使三極管復

活。總之施行復活法時， E_p 千萬不可接上， E_c 應照前表所示之數。如用較大之 E_r 有時復活之時間得減少，但結果恆不良。

強力三極管受損後，亦得施用復活法。先以熾白 E_c 接上，約 30 秒，再以益壽 (Agoing Voltage) E_r 接上約二分鐘餘，乃測量其屏流是否回復原數，抑較受損後增加，如回復原數者，則將此管插入發報機，仍得發生振盪如增加者則繼續以益壽 E_r 接上，經三四次後，倘屏流不能增至原數時，足見復活法無效。至各種強力管應有之 E_c 熾白 E_c ，益壽 E_r 及時間等如下表：

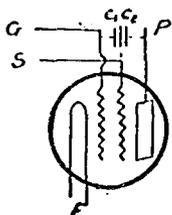
三極管式樣	應有 E_r	熾白 E_c	熾白時間	益壽 E_r	益壽時間
UV-203 _A	10	20	30秒	12	2分鐘餘
UV-204 _A	11	22	"	13	"
UX-210	7.5	15	"	9	"
UV-211	10	20	"	12	"
UX-213	5	10	"	6	"
UX-216 ₁	7.5	15	"	9	"
UX-285	10	20	"	12	"

觀夫上表可知熾白 E_c 及益壽 E_r 為應有 E_r 之 2 倍及 1.2 倍，其他強力管之不列上表者，得藉此推廣，惟以燈絲之塗有氧化鈦者為限。

172. 四極管

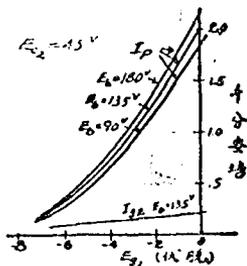
三極管燈絲放射電子，此電子散佈管內，成負性電場。屏極接有正電壓，吸引電子，成屏流。柵極之或正或負，以控制屏流之或多或少。就常用三極管之電路言，柵極接負電壓，當屏極接正電壓而吸引電子時，其屏電壓之一部分，必須勝過管內電子及柵極之

負性電場始能吸引電子而成屏流，故有效屏電壓較爲微小，三極管之效率減低，且二種負性電場中，尤以屬於空間電子者爲大，故欲增加三極管效率，非先抵消此空間電子之負性電場不可，所謂四極管者，即於普通三極管內，另增一極，接以正電壓，以抵消空間電子之負性電場者也，新極構造，與柵極相仿，使電子有通行之間隙，論其地位，有置於柵極與燈絲間者，有置於柵極與屏極間者，凡第四極之置於柵極及燈絲間者，因其與燈絲之距離甚近，故接至極小正電壓（大約 3 伏脫），即能將空間電子之負性電場抵消，屏電壓即可減低，其利一，自空間電子之負性電場抵消後，柵極亦不受空間電子之影響，得增加控制屏流之效果，是即增加放大係數，其利二，凡第四極之置於柵極及屏極間者，其與燈絲之距離，亦較近，屏極與燈絲之距離，故接以正電壓後（大約 19 伏脫）亦有上述之二種優點，更有進者，第四極在屏柵中間，將屏柵電容器平分爲二，其情形如第一百九十二圖 a。圖中屏柵電容器，由 C_1 與 C_2



P: 屏極
G: 柵極
S: 第四極
F: 燈絲

(a) 第一百九十二圖 (b)

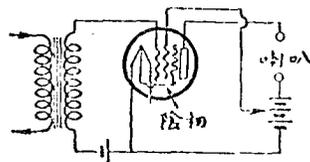


相串聯而成，第四極亦爲鎢絲構成， C_1 與 C_2 均爲極小電容量串聯後其電容量必更小，是即減小 O_p 回授作用（參考第 163 節），免

除振盪故四極管得用爲高週率放大器而無自行振盪之患。至其實用上，電路接法，詳於第十章接收機，如第一百九十二圖 b 所示者爲常用四極管 (UX222) 之 $I_p - E_p$ 與 $I_{p2} - E_{p2}$ 特性曲線。 E_{p1} 卽第一柵極或稱控制柵極 (Control Grid) 上，所接之電壓。 I_{p2} 爲第二柵極或稱屏蔽柵極 (Screen Grid) 電路內之電流。第一柵極與普通三極管之柵極相當，極接配諧電路，第二柵極直接接至 E_{p2} ，其值爲 45 伏脫。

173. 五極管 (Pentode Tube)

爲增加四極管之輸出計有所謂五極管者。此管已見於歐洲製造之收音機。據製造家之報告，此管之屏路耗阻極高，對於各種成音週率之還原，殊屬自然，無厚此薄彼之弊。凡較高成音週率之還原，在他種真空管，視爲困難者，在五極管適成優異。其內部結構與電路接法如第一百九十三圖。管中新增之極曰陰柵 (Cathode



第 一 百 九 十 三 圖

Grid) 在第四極與屏極間，與燈絲相連，其電壓甚低，爲屏極二次放射之電子，不能吸收，且能阻止第四極之吸收，故二次放射之電子，仍回屏極。於是 $E_p - I_p$ 特性曲線之上部，不爲變換，放大時亦不至失真。

五極管之最著優點，則爲成音週率電壓之輸入較低，而在屏路之輸出較大，且傳真度極優，尤爲可貴。茲就五極管 UX 247 論之，電訊電壓只須 11.7 伏脫，屏路輸出，已有 2.5 瓦特，其輸出之激增

可知舊式收音機，恆用 UX 245，爲成音週率輸出之最後一管。惟其輸入電壓，須爲 35.4 伏脫時，輸出僅爲 1.6 瓦特。故用 UX 247 爲成音週率放大管，實遠勝於 UX 245 也。五極管所需之輸入電壓，既如是之低，則自檢波管之輸出，直接接至五極管，已足盡放大之能事。以前許多成音週率放大器，列成二三組，接於檢波管後部者，現時均可免除，故新式收音機之結構，更見狹小，製造更形進步矣。

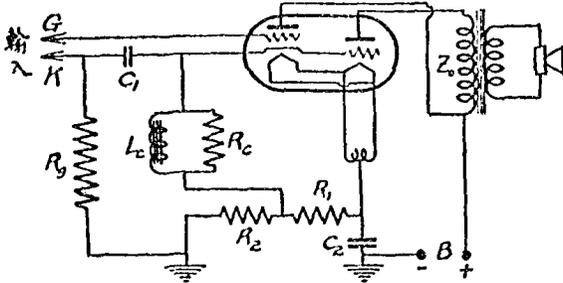
屏路電工率，消耗不多，實爲施用真空管，與製造真空管者，重要問題之一。倘有某管，其屏路消耗之電工率不大，而輸出反見增加者，某管價值，必將超越一切已有真空管而上之。五極管之效能，適能符合此點，與普通三極管相較，屏路電工率之消耗相等，而輸出則遠過之。

五極管除用爲成音週率放大管外，亦有用爲強力檢波管與射電週率放大管者。因其屏柵間之電容量極小，【UX 247 之屏柵電容量僅爲 1.2uuf】對於射電週率之放大，並未見弱於四極管也。最近又有利用五極管爲振盪管者，電路結構，固較繁複，所得效率，亦屬相當。惟五極管，內有五極，製造不易，且其傳真度，如與三極管相較，嚴格言之，不能相等，是亦不得不爲五極管病耳。

173a. 三極雙孿管 (Triple-Twin Tubes)

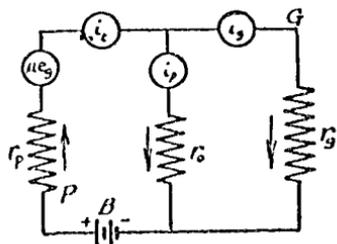
利用成音放大管，欲使成音週率之輸出加大，所需之輸入電壓不高，放大器組數減少，遂有五極管之發明，關於五極管種種，已詳前節。最近又有所謂三極雙孿管者，以二座三極管，合裝於一管而製成，內部共有七極。左邊三極管，與輸入電路相接，稱曰輸入部分 (Input Section)。右邊三極管，與輸出電路相接，稱曰輸出部分 (Output Section)。二部燈絲，彼此並聯，用同組 A 電池，供給電流。惟輸入部分之燈絲，間接供給熱量，使其外面之陰極，受熱以後，蒸發電子，此陰極于管之內部，直接接至輸出部分之柵極，至詳細接法，得觀第一百九十三圖 A 而明之。根據實驗，此種三極雙孿管 (UX

295), 與五極管 (UX 247) 相較, 屏電壓相等, 而成音電工率之輸出, 約增二倍, 靈敏度 (Sensitivity) 之優勝, 則有三倍左右, 其效用之宏大可知, 所謂靈敏度者, 即輸出電工率之平方根, 被除于輸入電壓之商數也, 用式表之, 則為 $\sqrt{P_o} / e_g$.



第 一 百 九 十 三 圖 A

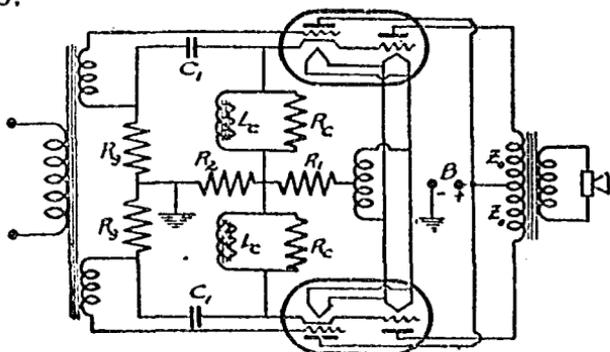
輸入電壓之接於強力放大管者, 最大之值, 恆以柵路所接之負電壓為限, 過此限度, 柵路之總阻減低, 得有柵流, 及於 $I_p - E_g$ 特性曲線之 $+E_g$ 部分, 屏路輸出, 即成失真, 惟於三極雙學管, $I_p - E_g$ 特性曲線之 E_g 正負部分, 均能利用, 柵路總阻, 仍為極高, 屏路輸出, 失真極微, 恆可忽略, 故於同一荷負之下, 得使失真最小, 輸出最大, 功效之宏, 遠非舊有真空管, 所可比擬矣, 細察第一百五十三圖 A, 輸入部分之陰極電壓, 固有 $R_c L_c$ 及 R_2 , 高於地面電壓, 輸出部分之陰極電壓, 固有 R_1 與 R_2 , 亦高於地面電壓, C_1 與 C_2 均為枝路電容器, 對於成音週率之週阻極小, L_c 之 D. C. 耗阻較小, 成音週率之週阻較大, 與 R_c 並聯, 所成總阻 (r_c) 與輸出部分之柵路耗阻 (r_g) 並聯相接, 同含於輸入部分之屏路, (此時 R_1 省略不計) 故以第一百五十三圖 A 簡單之可得第一百五十三圖 B, B 為 A 之相當電路, e_g 為輸入電壓, μ 為輸入部分之放大係數, r_p 為其屏路耗阻, $i_t = i_p + i_g$, 設於某時, e_g 之正向半週, 得使輸出部分之柵極為正, 發生柵流, r_g 因而變換, r_g 與 r_c 並聯, 包含于輸入部分之屏路, 屏路之荷



第 一 百 五 十 三 圖 B

負 $\frac{r_o \cdot r_g}{r_o + r_g}$ ，既有變換，因 $E_p - I_p$ 特性曲線之關係， r_p 必隨之而變，其變換之結果，適能抵消 r_g 之變換，易言之， r_p 保持不變至抵消效果，完善與否，全視 $E_p - I_p$ 特性曲線上，所取之運用點而定，運用點不當，抵消效果即不善，輸出部分，即有失真。

各種多次週率之接於三極雙學管，而易于失真者，以二次週率為最著，三次週率以上，即見微小，不易覺察，故以三極雙學管，接于推挽式電路，二次週率之失真，完全消滅，（見本章第 166 節）三極雙學管，更無失真之患，至推挽式電路之接法，詳於第一百五十三圖 C。

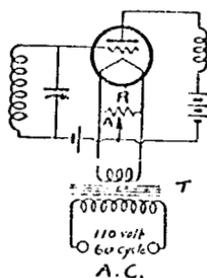


第 一 百 五 十 三 圖 C

174. 交流管 (A. C. Tube)

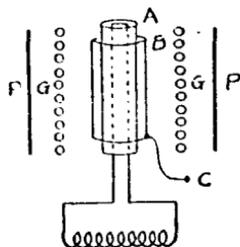
前述三極管燈絲電壓必須用蓄電池，蓄電池之保管及充電等，手續繁多，使用不便，即用整流器以得直流，電流有限亦成困難。

於是交流真空管尚焉，惟三極管燈絲直接用交流後，喇叭內恆成營營之聲，收得之音，大為減色，即如第一百九十四圖之接法，燈絲連以耗阻，耗阻之上裝有滑節，為屏柵電路之公共接點，其營營聲之發自喇叭者，僅能減至最低度，未能完全消除，猶足引為憾事。



第 一 百 九 十 四 圖

最新交流管之結構，如第一百九十五圖，燈絲之外繞有空製之圓管，管之外表，附有金屬圓柱片，此片於低溫度，亦能蒸發電子，與普通三極管之燈絲有同樣作用，此種交流管共有五端通於管外，燈絲二端，直接接至交流低電壓外，與其他無線電路，完全不生關係，發生關係者僅為 PGC 三端，燈絲通電，即使瓷管熱至暗紅，其外附金屬片，因之蒸發電子，三極管之作用遂成，惟交流管之屏極，乃以鎢絲網製成，不若普通三極管之屏極，用鎢片者也。



第 一 百 九 十 五 圖

習 題

1. 問 E_s 及 E_a 之效用何在?
2. 試述柵漏對於三極管為檢波器時之效用。
3. 若三極管為檢波器時,不用第一法而用第二法則 E_s 之大小常用何法以測定之?
4. 設三極管之 I_p-E_p 特性曲線為一直線,其斜度為四十五度,問屏路耗阻為若干? (E_p 之單位為伏脫, I_p 之單位為千分安培)
5. 如第一百七十三圖,今以 3 伏脫之乾電池代 E_s , 測電表代 T , 何時 $\mu = R_2/R_1$? 並證明之。
6. 如第一百七十三圖,合閉 K 而 T 無聲音時,測得 R_3 為 600, μ 為 8, R_1 為 300, R_2 為 100, 問 R_3 為若干?
7. 若三極管中 C_{sr} 不小,而柵電路接上交流電壓之週率極高,問此時是否可於屏電路得放大後之 A.C. 電壓?
8. 三極管中, I_p 亦有飽和現象,此時飽和之原因何在?
9. 兩極及三極管,均可用為檢波,何故後者勝於前者?
10. 三極管用為放大器時,乃利用 I_p-E_p 特性曲線之直線部分,若此直線部分之斜度不大,則放大效果何如?試繪圖以說明之。
11. 如前題欲直線部分斜度較高,常用何法?
12. 試說明三極管之振盪作用。
13. 如第一百七十五圖,當三極管發生振盪時, θ_R 及 θ_S 之相角差為若干?
14. 如前題若 θ_R 與 θ_S 為同相時,是否可以產生振盪流?
15. 試比較米字南與哈脫來電路之利弊。
16. 以振盪路之損失論,考畢子電路是否勝於哈脫來電路?

17. 應用回授圈振盪電路時,不得振盪流若將 L_1 之裝法倒置,即有振盪流,何故?
18. 詳述放大電能振盪器之優點?
19. 用石英控制振盪器,而欲得極大電能,常用何法?
20. 三極管不能使極高週率之電能放大何故?
21. 某三極管之放大係數為 8, 當 $E_s=0$, $E_b=45^\circ$ 時 $I_p=3$ m.a. 問 $E_s=-3^\circ$, $E_b=90^\circ$ 時, I_p 應有若干?
22. UX201_A 之 $\mu=8$, 當 $E_s=0$, $E_b=90^\circ$ 時 $I_p=3$ m.a. 問 e_c 為一伏脫時, i_c 應有若干?
23. 如前題若屏路中有外耗阻 10,000 歐姆,其 i_c 應有若干?
24. 某三極管之互導為 950 姆歐,問 e_c 為 0.5 伏脫時 i_c 應有若干?
25. UX201_A 之 $\mu=8$, $R_p=10,000 \Omega$, 屏路中接有線圈其 $L=5$ mh, $R=2 \Omega$. 若柵路中接以 1000 為週率之電壓為 2 伏脫,問線圈上之週阻電壓降為若干?電工率之輸出及電壓之放大倍數各為若干?
26. 交流管之利益,則在自 A.C. 電燈線取電,減少 A 組及 B 組電池等之設備費,以及平時充電之麻煩,惟用於收音機,仍有營營聲,音質變劣,是為何故?
27. 普通發報機之利用三極管者,週率不定,原因何在?週率不定之後,對於無線電通訊,究有何種妨礙?倘欲設法控制,共有幾法?試分述之,並比較其利弊所在.
28. 用推挽式電路,以產生高週率電流,得免偶數之多次週率,如二次四次等等週率者,其故何在?
30. 真空管燈絲之塗有氧化鈦者,得施復活法,其塗以氧化鈣者,不能施用復活法,原因何在?並比較二種燈絲之利弊.
31. 所謂五極管,其效用與四極管相較,有何不同之處?

-
32. 何謂三極雙擊管,其作用若何?倘用兩座三極管,設法應用,是否即能得一座三極雙擊管之效用?
 33. 真空管中有二極,三極,四極,五極以及三極雙擊管等五種,試列表說明其效用。
 34. 三極管之屏路,接有高耗阻,此高耗阻之大小,與三極管之電壓放大數,有何關係?試就三極管之相當電路,以求其關係算式,如用鐵心線圈之自感量較高者,代替阻耗,其關係算式爲若何?
 35. 如前題,欲得三極管之最大輸出,應使屏路內耗阻與屏路外耗阻相等,試證明之。



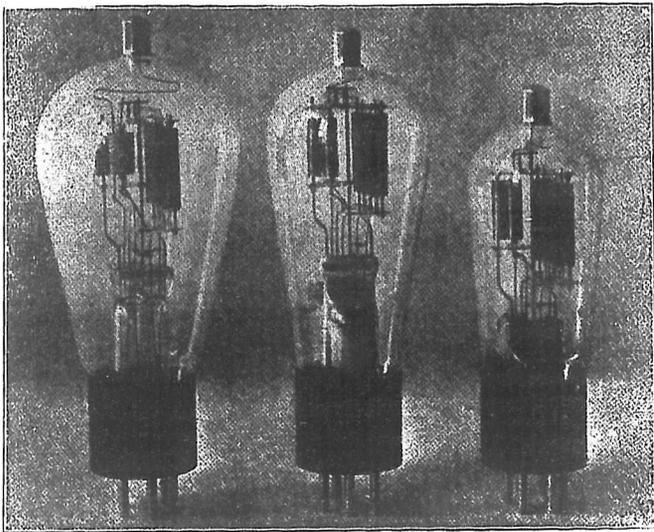
交流四極管



交流三極管



二極管



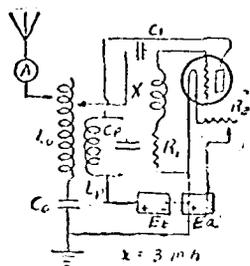
三極雙變管

- | | |
|-----|-----------------------|
| 左面者 | 式樣 295 適用於交流低電壓 |
| 中間者 | 式樣 291 適用於直流電壓 110 伏脫 |
| 右面者 | 式樣 293 適用於汽車或飛機上之接收機 |

C_2, C_p	電容量 0-500 μf			
	電壓限度	8000v	8000v	8000v
C_1	電容量 0,002 μf			
	電壓限度	1000v	1000v	1000v
R_1	5,000-10,000 Ω			
R_2	電流限度	2a	8a	10a
Λ	射電週率安培表	0-2a	0-4a	0-8a

線圈損失計， L_3, L_4 及 L_5 均須用間隙繞法，繞成單層圓柱形， L_3 之導線能用 1/16 吋厚，1/4 吋闊之銅片最好，其直徑在 5 吋與 4.5 吋間，轉數約二十五轉，自感量約為 150 μh ， C_1, C_2 之或用或否可隨便，用後配諧時較為方便， L_3 與 L_4 應不相互交連，以 C_1 不接至地線，而接於地網亦可。

177. 回授電路發報機



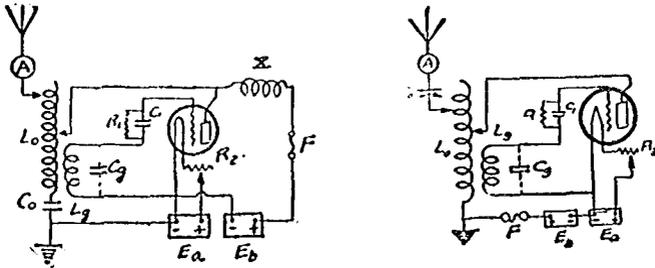
第一百九十七圖

全機結構如第一百九十七圖及第一百九十八圖，倘天線電路不與地線直接相連，而連至地網亦可，惟 C_1 當取消，並以 A 組電池之正極與地線相連，以 C_2 先與天線引入線出聯後，而接至 L_3 亦可，惟 L_3 之另一端仍須連至地線，其接法如第一百九十八圖 b。圖中各樣件之說明，與第 176 節中說明者，完全相同，新添

線圈 X，為射電週率阻流圈，使高週率電流，不以 R_1 為短路，直接在回授電路通行，其直流耗阻小，而交流耗阻大，若其本身週率與發報

率相等，則阻流之效果最大（參考第五章第92節）。柵漏接法，與第一百九十六圖較似有不同之處，但其功用使柵極有相當直流負電壓，以增加三極管之效率，在二圖中，完全相同。

若將天線電路與屏電路並聯之，其接法如第一百九十八圖（a）與（b）。（a）圖中X與 E_b 之正極串聯後，而接至屏極，其功用使高週率電流不以 E_b 為短路，直接在天線電路內通行，俾電能向



(a) 第一百九十八圖 (b)

外發射。F為保火線，用以防 E_b 受短路之危險。如（a）圖不用地線而用地網時，將 C_0 取消，而與地網相接即可。惟 E_a 之負極仍須與地線相連。

178. 哈脫來電路發報機

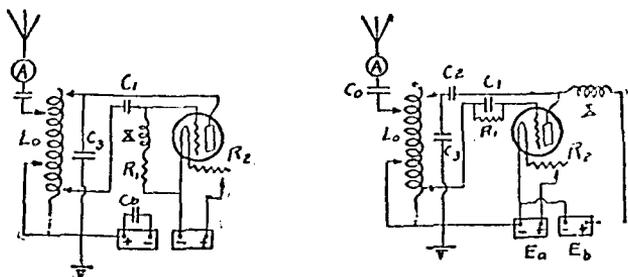
全機結構如第一百九十九圖。圖中新添機件之說明如下：—

$C_1 = 0-0,0005\mu f$ ，其電壓限度自 1000v，3000v 而 5000v 當視三極管之為 7.5, 50，及 250 瓦特而定。

$C_2 = 0,002\mu f$ 其電壓限度為 5000v

C_3 之最小電容量為 0,002 μf ，其電壓限度，最少當較 E_b 大 25%。

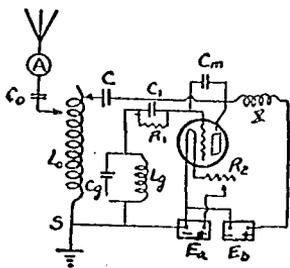
其他機件與以前說明者同。



(a) 第一百九十九圖 (b)

179. 屏柵諧振發報機

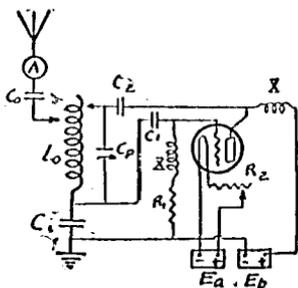
全機結構如第二百圖 (a). C 爲斷流電容器, 電容量爲 $0.002\mu\text{f}$. 電壓限度爲 5000 . C_m 爲回授電容器 (Feed Back Condenser), 其電容量自 0 至 $0.0001\mu\text{f}$, 得隨意變換. 回授電容器於短波發報機可以省去. 若用強力三極管而放大係數極大者回授電容器非用不可. 蓋管內 C_{sp} 電容量甚小, 回授電能有不足之虞. 若不用地線而用地網亦可, 惟 S 接觸點應移至 L_0 上, 且 E_a 之負極, 仍須與地線相連.



第 二 百 圖 a

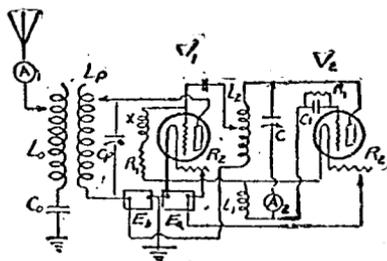
180. 考畢子電路發報機

全機結構如第二百零一圖。 C_1 為自0至0.001 μf 之變量電容器，其電壓限度為5000v。 C_0 為自0至0.001 μf 之變量電容器，其電壓限度為1400v。其餘機件與以前說明者同若不用地線而用地網，可將 C_1 取消後，以 L_2 之末端與地網相接，此時E_a負極，仍須接至地線。



第 二 百 零 一 圖

181. 放大電能發報機

V₁: 強力放大管 V₂: 振盪管

第 二 百 零 二 圖

全機結構如第二百零二圖。C 爲自 0 至 0.001 μ f 之變量電容器，其電壓限度爲 2000v, 4000v 及 8000v, 當視電工率之爲 7.5, 50 及 250 瓦特而定。L₁ 及 L₂ 之直徑爲六吋，用間隙繞法，其轉數在九轉左右。

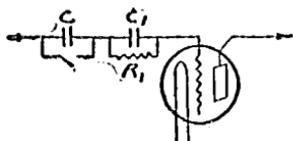
此種發報機之優點，已於第十章第 165 節道及現時播管機及強力發報機大都採用此式。運用此機時，先將 R₂ 調節使 V₁ V₂ 之 E₁ 合度，而後以適當之 E₀ 接上，調節 C, L₁ 及 L₂ 使 L₁ L₂ C 之波長與原定波長相等，且 A₂ 中記數最大。再將 L₂ 上之接點調節，使高週率電壓之接於柵電路者爲適當。又調節 L₃, L₄ 及 C 等，使天線電路內 A₁ 之記數爲最大。使用此種發報機，不難使 V₂ 產生振盪，而難於使 V₁ 不振盪。V₁ 振盪後，即失其放大效率，當設法避免之。其法詳於第 186 節。V₁ 之振盪與否，得視 A₂ 記數之分外增加而知之。V₁ 振盪後，其一部分電能必回授於 V₂, A₂ 之記數，遂加大。如 V₁ 不振盪，以其電路合法接上，A₂ 中記數，恆減少若干。蓋 V₂ 電能之一部分須傳至 V₁ 故也。

前論各種發報機之屏路，均無直流安培表。惟爲使用方便起見，此表非用不可。其最大記數，當較所用三極管應有之屏流，大 25%，最好大一倍。當此表記數最少，而天線電路中安培表記數最大時，發報機之效率最高。調節此表記數，除將全機電路善爲配諧外，可以柵漏損益之大概。此表記數，恆較所用三極管應有之屏流少 25% 或一半。若超過屏電應有之數，不使屏極發紅，即使三極管之壽命減短，用機者當特別注意之。

182. 電鑰之接法

電鑰開合，控制電訊發射之說，早於第八章第 131 節提及。前述各種發報電路中，電鑰之如何接入，實屬一重要問題。普通電鑰位置恆串聯於柵電路中，其接法如第二百零三圖。將電鑰裝於屏

電路中，亦有用之者。惟屏電路有高電壓，偶一失慎，足致發報者於危險。亦有以電鎗直接接於天線電路中者，惟三極管之振盪不止，有過熱之患，用者不廣。



O: 定值電容器，其電容量自 0.1-10 μ ，
當視電工率之大小而定。

K: 電鎗

第二百零三圖

183. 阻流圈之製法

阻流圈，司濾波作用，阻止高週率電流之通行，以增加三極管之效率，免除高週率電流，取不正常之通路。上述各種發報機波長，以 200 至 300 米突為標準。故阻流圈 (X) 之本身波長，當以 200 或 300 米突者，最為適當。其導線普通用二十八號紗包或絲包之銅線，繞成單層柱形線圈。其他同號導線之不用紗包或絲包，而用洋乾漆絕緣者，亦甚相宜。線圈之尺寸可參照下表：

直徑	數轉	線圈之長
8"	250	4 $\frac{1''}{8}$
2"	500	8 $\frac{3''}{3}$

如有適當電容器，與阻流圈並聯後接入電路，更屬相宜。惟阻流圈與電容器相接後之本身週率，亦當與發報波長相等。欲計算阻流圈本身波長為若干，尚無公式，為精細計，每一阻流圈製成後，先應測定其本身波長，是否與需用者相合。如為單層柱形線圈者，則以其低週率之自感量，並以其半徑（單位為禰）為分佈電容

量（單位為 μf ）代入公式，所計得之波長，約與其本身波長相等。

184. 短波發報機

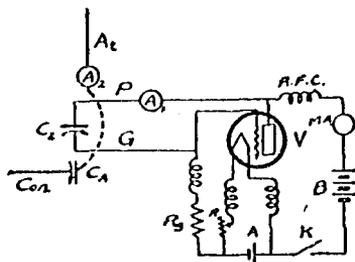
如第九章第 168 節所述，將前述各種發報機之自感量及電容量減小後，即可成短波發報機。茲以第一百九十九圖，哈脫來電路發報機為例，而說明 L_0 及 C_0 之配合如下表。其他發報機，欲改成短波時， L, C 之配合，亦可以下表中所載者，為準繩。

波長(米突)	L_0 之直徑	C_0 之最大電容量	L_0 之轉數	每轉間之距離
75-85.7	5"	250 μf	10-12	1/4"
37.5-42.8	3.5"	"	7	3/8"
18.7-21.4	2"	"	6	1/2"

L_0 之導線，可用 1/4" 闊，1/16" 厚之銅片，平繞之。支持此銅片者，為玻璃長方塊或膠板長方塊，其長為 8.5"，闊 1/4" 厚 3/4"。以六條長方塊做成六角柱體，其對徑，當如 L_0 之直徑。又有 L_0 以 1/4" 為直徑之空心銅管，照上表尺寸，繞成單層柱形線圈者亦可。此種線圈自能支持，不必另用玻璃或膠板長方塊，以支持之。天線可用郝志式，另裝加感圈，與 L_0 磁感交連之（參考第七章第 122 節）。加感圈四五轉已夠，或置於 L_0 旁邊，或置於 L_0 外面，與 L_0 同軸，此時加感圈之直徑，當較 L_0 之直徑大一吋以上。若將郝志式天線與 L_0 直接交連之亦可。柵極電容器 (C_0) 可用 0.001 μf 者，其電壓限度亦當為 1500 伏脫阻流圈之直徑約一吋，其轉數在 140 轉左右。

185. 五米突發報機

此種發報機電路，已如第九章第 168 節所述，作者曾以第二百零四圖所示之電路，試驗其各種現象，所用機件，均如圖下說明



- V. UX210, 用固定燈座不用彈簧燈座因燈座亦有電容量當其振動時波長爲之變換收報機內開關置之電訊。
- A A組電池 7.5 伏脫
- B B組電池 250 伏脫
- M.A. 0-100 千分安培表
- R.F.C. 極高週率阻流圈以 20 號洋瓷漆之銅線繞於 2.9 Cm 爲直徑之膠木管上共有六轉。
- R 變壓耗阻器 0-3 歐姆
- R_g 標漏 2500 歐姆
- C_A, C₂ 百樂公司 (Pilot Co.) 之七片變量電容器
- A₁ 高週率安培表 0-1.5 安培
- A₂ 高週率安培表 0-500 千分安培
- A_t 單根直立天線長 1.25 m., 以銅管製成, 其直徑爲 0.680 Cm, 厚爲 0.225 Cm.
- Con 水平地網長 0.61 m. 所用材料與 A_t 同
- K. 電鎗

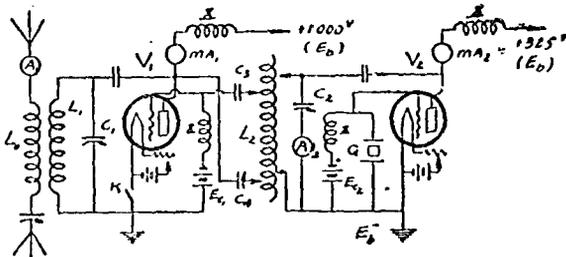
第二百零四圖

者至連結 A₂ 與 C_A 者爲 0.615 m 長之 12 號銅線, 成圓弧形, 與 P, C, G 之合閉振盪路, 相交連, 其交連度甚寬, 振盪十分穩定, A₂ 中最大記數爲 200 m. a., 得變換 C_A 以調節之, P, G 二導線, 亦爲 12 號銅線, 長 25 Cm. 彼此平行, 相距 8 Cm. 調節波長者爲 C₂, 以 A₂ 與 C_A 直接接至 C₂, 亦得相等放射電流, 惟 A_t 搖動, 使波長有顯著之變換, 通報上殊不相宜, 天線與地網之裝置, 試過許多方式, 覺如圖中示者爲最優, 收報機電路亦如第二百零四圖, 僅以 P, G 二導線, 改成 10 Cm 爲直

徑之間圓彼此並行，相距 5 Cm, C_2 一端接至地線，又一端接至數呎長之天線，可配諧者亦為 C_2 ，總論其結果則效率不高，配諧不易。若以 1000 μf 之變量電容器直接接至 PG 二極，波長可減至二呎突，以波長表之裝有電燈者，諧振後，沿 A_1 移動，得見燈光，漸近頂端而漸暗，即可明電流在天線上分佈情形。

據試過強電力者（波長相仿）之報告：近於發報機之電燈，並未通電，亦能放光，銅板鐵條，雖溫度不增，手觸之覺有猛烈刺激，雞蛋魚肉，不表而熟，司機者近之，即覺似醉發熱，同室中各種測電儀器，或自動而有記數，或燒壞而不堪復用，因其放射電能大，故影響於鄰近物體者亦大，欲圖商用，先應避免此種影響始。

186. 石英控制發報機



- Q: 石英晶體其本身波長為八十米突
- V_1 : UV203A V_2 : UX210
- C_3 : 2000 μf 定值電容器
- C_4 : 250 μf 變量電容器或日中和電容器 (Neutralizing Condenser)
- L_1 C_1 及 L_2 C_2 之配合可參照 184 節說明表其他各機件與以前所用者同。
- M. A. 1. 千分安培表 (0-500m.a.)
- M. A. 2. 千分安培表 (0-100m.a.)
- A_1 : 射電週率安培表 (0-10a)
- A_2 : " " " " " " (0-3a)
- E_{01} : 22.5-80 伏脫
- E_{02} : 90 伏脫

第二百零五圖爲八十米突之石英控制發報機運用此機，先將 V_2 之 E_{a1} , E_{b1} 及 E_{c1} 等照應有之大小接上，調節 C_2 使機 A_2 之記數最大，而 $M.A_2$ 之記數最小，用短波收報機，以測 V_2 振盪是否穩定，乃以天線電路中之加感圈 L_3 與 L_2 交連而調節之，使天線電路諧振，而 A_1 之記數最大，乃將 V_2 之 E_{a1} , E_{b1} 等撤去，而以 V_1 之 E_{a1} , E_{b1} , E_{c1} 等接上，而不接上 O_1 ，調節 O_1 ，使 V_1 依屏柵諧振之理，產生振盪，至 $M.A_1$ 之記數最小， A_1 記數最大而止，而後以 O_1 接上（此時應將 E_{c1} 暫行除去，免生危險），並調節之，使中和 O_1 之回授作用，制止 V_1 之振盪，至中和之理，俟平差接收機 (Neutrodyne Receiver) 節詳述。

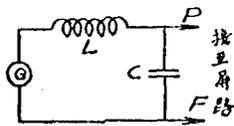
於是 V_2 之 E_{a1} , E_{b1} 等接上，再將 C_1 , C_2 及 O_1 三者，先後爲精細之調節，使 $M.A_1$ 及 $M.A_2$ 之記數最小，而 A_1 及 A_2 之記數最大，此時若將 V_1 之 E_{c1} 撤去，則 A_2 及 $M.A_2$ 之記數增加少許， A_1 之記數爲零，由此即可證明 V_1 不振盪，只能盡其放大之功用，如 $M.A_1$ 記數太大，則可增加 E_{c1} ，以 A_1 不減小，而 $M.A_1$ 減至最小爲度，反之，若 V_1 不中和，亦生振盪時，不特發射波長不一，全機效率不高，且須作用於 V_2 ，使石英有破裂之虞，如以 E_{c1} 加至 50 伏脫左右， Q 得產生較強之二次週率，或三次週率等，以二次週率，放大發射之發報波長，減小一半。

187. 穩定振盪 (Stable Oscillation)

於各種發報機，發生振盪，固不難，欲其振盪穩定，確不易，所謂振盪穩定者，當電輪開閉時，天線電路中安培表之記數，常爲定值是也，反是者，爲不穩定振盪，若振盪不穩定，則電訊之強弱不勻，電波之產生不續，通報工作，必多缺憾，欲求穩定，惟有將屏柵，及天線三電路之交連度，調節適當，不使之過大或過小，例如第二百零一圖之發報機，發生不穩定振盪時，須增減 O_1 及 C_1 ，犧牲 A 之最大記數，待其振盪穩定而止。

188. 屏電壓之供給

屏電壓之供給，有用蓄電池者，有用直流發電機者，有用交流電壓者，有用整流器者，用蓄電池，其高電壓，為純粹直流結果最良，惟費用浩大，電壓有限，不能應用於強力發報機，用直流發電機，其高電壓，隨發電機情形而異，於是電訊有強弱不勻之患，此外又因整流環關係，其高電壓，必含有若干低週率之交流電壓，接訊時恆聞益益之聲，避免此患，應接濾波器，接法如第二百零六圖，圖中 G



第二百零六圖

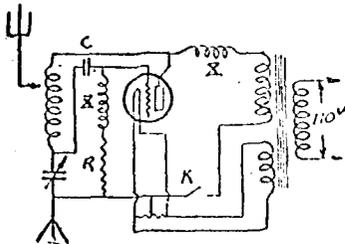
為直流發電機，L 為阻流圈，約 10h，C 為電容器，約 4 μ f，即無 L 而僅用 C，已較不用時為優良，惟直流發電機電壓亦有限，過高時，運用困難，恆妨工作，用交流變壓機，則電壓得任意增加，其產生之振盪流，如第二百零七圖，全機之組織，如第二百零八圖，當交流電壓為正向半週時，三極真空管始有功用，發生如圖示之振盪



A: 交流電壓 O: 振盪流

第二百零七圖

流分成小組，電波亦如之，每秒組數之多少，隨交流電壓之週率而定，若週率為六十，則接訊時，恆聞札札之聲，頗不悅耳，若為 1000 左右，則訊聲如樂，聞者樂之，惟電波斷續，效率誠小，用整流器後，再接以相當濾波器，如是電壓之接於屏極者，純為直流，接收時無益益之聲，不用濾波器亦可，惟電訊之



第二百零八圖

定，若週率為六十，則接訊時，恆聞札札之聲，頗不悅耳，若為 1000 左右，則訊聲如樂，聞者樂之，惟電波斷續，效率誠小，用整流器後，再接以相當濾波器，如是電壓之接於屏極者，純為直流，接收時無益益之聲，不用濾波器亦可，惟電訊之

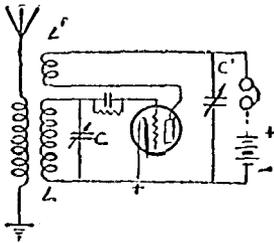
聲噪雜異常，不甚悅耳。至整流器與濾波器之接法，參考第九章第 145 節。晚近強力發報機或播音機，屏電壓之供給，均用此法。蓋電壓能至一萬伏脫以上，而結果亦殊圓滿也。

189. 三極管接收機

三極管可以收報之理，已於第九章第 151 節詳述。今進而論接收機電路之組織，及其種類。

190. 回授接收機

三極管接收機之最簡單者，如第二百零九圖，專名之曰回授



第二百零九圖

接收機 (Regenerative Receiver)。屏電路

內之線圈 L' 曰回授圈 (Tickler Coil)，

電容器 C' 曰回授電容器 (Throttle Co-

ndenser)。屏電路中有二種電流；一為

射電週率，一為成音週率。前者以線圈

及電容器等為路，後者經聽筒成聲。因

屏路線圈與柵路線圈相交連之故，射

電週率電能，回授於柵電路，使射電週

率之電能加大，電訊聲音加強。合言之，一三極管司檢波之外，又可

射電週率放大。回授度之大小，得改變 L' 對 L 之位置而調節之。若

回授圈為固定，則可改變 C' 之大小而調節之。當回授度太高時，即

成振盪器（參考第 162 節）自生振盪流。用以收音，失其清晰，故

收無線電播音者，仍歸棄之。惟對於接收等幅波電訊，有極大功用。

因三極管能自行振盪之故，可將其振盪週率自由改變。若其振盪

流週率與外來電波之週率，相差在 1000 左右時，聽筒內能聞清晰

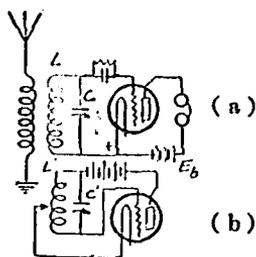
之電訊。此種接法，名曰自差法 (Autodyne Method)。現時短波收報

機，均屬此類。如此種收報機，各部裝置合法，而無回授或振盪作用

時，須將屏路線圈之兩端調接。

191. 外差電路

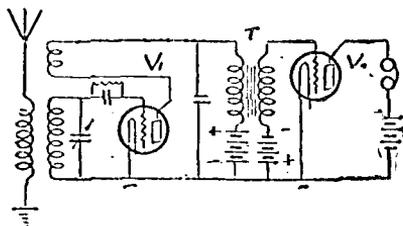
較自差法更為靈驗清晰者，有外差法 (Heterodyne Method)。接法如第二十圖，圖中 (a) 為普通接收機電路，(b) 為本地振盪器，利用哈脫來電路，以生振盪流。L 與 L' 相交連，LC 與電訊波長相諧振，L'C' 之週率與電波週率相差 1000 左右，故於 (a) 圖之柵電路內，有二種高週率電流，其週率之差，亦為 1000 左右，因三極管檢波作用於聽筒內能聞清晰之電訊。



第二十圖

192. 成音週率放大器

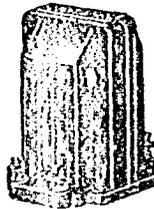
檢得電訊，往往因成音度太弱，接收工作，發生困難，故收報機恆有特別裝置，使成音電能放大，其接法如第二十一圖，圖中 T



第二十一圖

為成音週率變壓器 (Audio Transformer)，其式樣如第二十二圖，與 V_2 合為成音週率放大器。設 T 之變壓率為四， V_2 之放大係數為八，併計之，放大器能將原來成音週率電能，大約放大十六倍。故於

聽筒內能聞較強之電訊。因 V_2 僅有一組名曰一組成音放大器。仿此推廣得增至二組三組以上。惟組數多，接線繁，三極管之噪音，B 電池之變化，接線之接點不良，四鄰之雜音紛擾均能使成音放大器或成雜聲或生狂吼。電訊為之淹沒。至狂吼之發生與補救方法俟第 196 節論之。



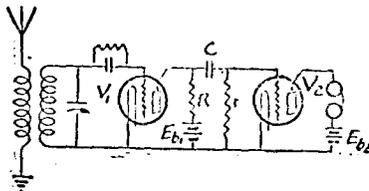
第 二 百 十 二 圖

如第二百十一圖之成音放大器，乃用變壓器交連法，使成音週率電能放大，故名曰變壓器交連之成音放大器。此外尚有磁感迴阻交連之成音放大器，耗阻交連之成音放大器及推挽式之成音放大器等三種，茲分述之。

193. 耗阻交連之成音放大器

此種放大器之接法，如第二百十三圖。 V_1 屏電路內之成音週

率電流，經過 R 有相當電壓降。此電壓降使 E_b, R, C, r 電路內，亦有成音週率電流。於 r 上亦有電壓降，此電壓降接於 V_2 柵電路，藉 V_2 而放大之。照理論及實驗結果， R 大小與 V_1 屏路耗阻相等時，此種放大器之效率最高。普通所用三極管之屏路耗

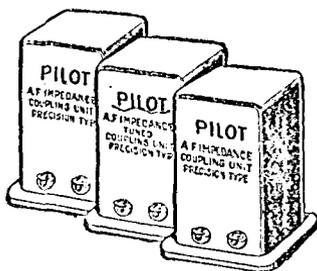


第 二 百 十 三 圖

阻約在一萬歐姆左右，故 R 亦當為一萬歐姆左右。 r 與柵漏相當，其大小為二兆歐姆。 C 為柵路電容器，其電容量愈大則 C 上之電壓降愈小，對放大器愈為有利。普通用者為 $0.01\mu\text{f}$ ，能用 0.5 或 $1\mu\text{f}$ 者，其結果較佳。

194. 磁感迴阻交連之成音放大器

此種放大器之接法實與二百十三圖同樣，特以鐵心線圈代 R 而已，其作用之理亦復類似鐵心線圈之自感量為 5h 左右，式樣如第二百十四圖，其成音週率之迴阻，恆較屏路耗阻大三四倍，此

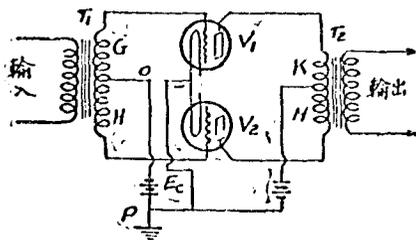


第二百十四圖

種放大器，較耗阻交連者為優勝。蓋 R 甚大，其直流電壓降亦大，於是有效屏電壓減小，效率減低，非將 E_b 特別增加，難能得完善結果。若鐵心線圈，其自感量雖大，而直流耗阻較小，無特別增加 E_b 之必要，但放大時，易於失真，故較次於變壓器交連者。

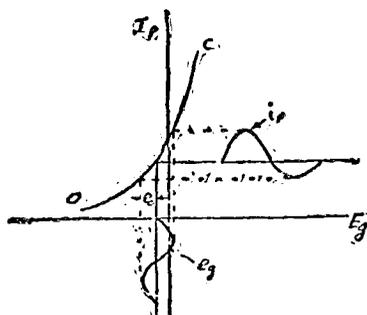
195. 推挽式之成音放大器

此種放大器之接法，如第二百五圖，於第九章第 153 節已述及不失真放大，必須利用 I_p-E_b 特性曲線之直線部分，所謂直線部分者，不過為理想上之條件，事實上， I_p-E_b 特性曲線，恆為曲線，即有直線部分，其長短亦屬有限，故以真空管用為放大器時，終有幾分失真放大，所謂失真放大者，輸入電壓經真空管放大後，其



第二百十五圖

正向半週大於其負向半週情形如第二百十六圖。圖中 i_p 之正向半週大於其負向半週。今以放大器如第二百十五圖而裝置之，輸



i_p : 放大後之屏流

e_g : 輸入電壓

OC: $E_g - I_p$ 特性曲性

第二百十六圖

入電壓經 T_1 後，分成相等二部，認為 e_{G1} 及 e_{H1} 。 e_{G1} 接至 V_1 ， e_{H1} 接至 V_2 。 V_1 與 V_2 為完全相同之三極管，其特性曲線亦復同樣。但於任何時， e_{G1} 與 e_{H1} 之正負相反。 V_1 得正電壓時， V_2 得負電壓，反之，電壓之正負亦反。若 V_1 及 V_2 之放大情形，如第二百十六圖，則 V_1 所放大之 i_1 ，必太

大而 V_2 所放大者，爲太小，但在 U_2 之 KM 方面，適將二種放大之 I_p ，同相相加，於是太大者及太小者，適相中和，不失真面目，故此種放大器，無失真之患，至 U_2 輸出方面，可接至喇叭，或接至強力放大管而再行放大之。

196. 成音放大器之狂吼及其補救方法

凡變壓器交連或磁感迴阻交連之成音放大器，發生狂吼，路如第 192 節所述，考其狂吼原因，乃由放大器產生低週率振盪所致，蓋變壓器之正副匝圈，或鉄心線圈均有相當之分佈電容量，與自感量合言之，即成振盪電路，彼振盪電能之回授作用，或藉管內電容器或藉接線之磁電感應與靜電感應條件適合，振盪自生，且因前後三極管之相互作用，即振盪之初起甚微，待連環放大後，即成刺耳之狂吼，茲簡述其補救方法如下：——

1. 放大器之無振盪電路者，最無狂吼機會，故耗阻交連之成音放大器不發生狂吼。
2. 放大器中輸出電路之接線，切不可與輸入電路之接線，發生極微之交連，故彼此距離，應相隔極大，或置於接地之金屬盒子，使隔離之。
3. 能將每組放大器所用之 AB 組電池，各自獨立，廢除公用制，即可減少狂吼，如爲經濟或電池重量與地位所限，亦當用電池之僅有極小內耗阻者。
4. 任何接線均須置於適當之位置，彼此接處，尤宜錫焊牢固。
5. 將正匝圈或副匝圈之二個接點，彼此對調，狂吼即能停止，或將應接之 O 組電池撤去，不應接者接上，得生同樣效力。

有時即以放大器之輸入部分成短路，聽筒或喇叭內，仍聞急切嘈雜之聲，乃因某組之三極管不良，或因 A 組電池之放電將盡，或因 B 組電池之用時太久，皆當詳細試驗，分別調換。

197. 射電週率放大器

成音放大組數既為有限，不得不藉射電週率放大，以增加接收機之效率，其利益有三：

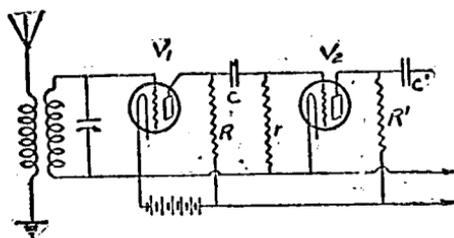
1. 靈敏度增加，雖極微電訊，亦能接收。
2. 放大後之週率一定，不致改變其本來面目。
3. 無他種電訊干擾之患，故選擇性優良。

其式樣亦有三：

1. 耗阻交連式 (Resistance Coupling Type)
2. 週阻交連式 (Reactance Coupling Type)
3. 變壓器交連式 (Transformer Coupling Type)

198. 耗阻交連之射電週率放大器

耗阻交連式之接法，如第二百十七圖， V_1 柵電路內，由感應而



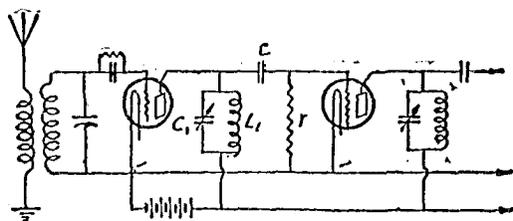
第 二 百 十 七 圖

得之高週率電壓，經 V_1 放大，於屏電路內，得較強交流。R 耗阻約為 50,000 或 100,000 歐姆，其交流電壓降，因 C 之交連，接於 V_2 之柵電路，再行放大之。C 應極大，使其電壓降減至極小。r 為柵漏，俾 V_2 柵端電子，有通行之路，成相當負電壓。C 為斷流電容器，其功用除可交連外，不使 V_1 之 B 組電池，與 V_2 之柵極相連。當外來之電波週率極高時， V_2 內燈絲柵間之週阻（即 $\frac{1}{2\pi f C_{gr}}$ ）變小，將 r 上之電壓，以 C

為通路減少放大效率，且屏柵間電容器，能將電能回授，自生振盪，失去放大作用，故此種放大器，用於較低週率，似為適當，且其放大率小，所需B租電池多，採用者，仍不廣。

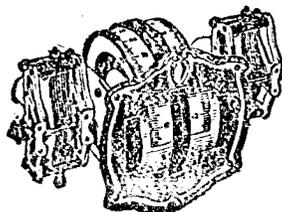
199. 迴阻交連之射電週率放大器

迴阻交連式之接法如第二百十八圖，此種放大器與二百十



第 二 百 十 八 圖

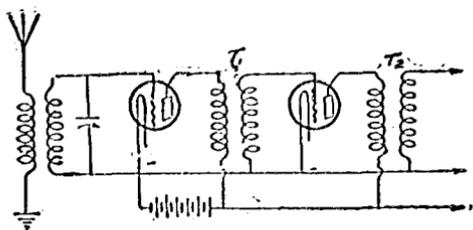
七圖相似，特以 $L_1 C_1$ 為交連而已，其選擇性優而放大率高，惟當 $L_1 C_1$ 與外來電波諧振時，自生振盪，失其效用，並有柵漏及電容器之必需，難用於高週率放大，且調節之機件繁多，應用時殊不方便，故新式接收機，應用同軸電容器 (Gang Condenser)，藉一個微分盤，完成各部配諧，此種電容器之式樣如第二百十九圖。



第 二 百 十 九 圖

200. 變壓器交連之射電週率放大器

變壓器交連式之接法如第二百二十圖，此種放大器，實與成



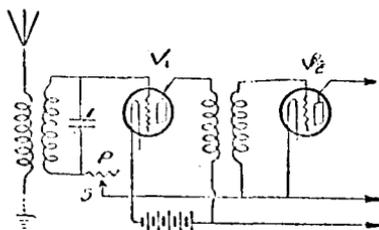
第 二 百 二 十 圖

音放大器相似，特將鐵心變壓器更以空心變壓器而已，如 T_1 、 T_2 設計適宜，其放大率可極大，惟因其本身週率關係，對可能放大之波長不廣，即欲用之於一般波長，其放大率之不勻，可無疑義，彌補之法，可於 T_1 副路圈，接以變量電容器，其收效得與二百十八圖之放大器相等，且構件簡單，利益較多，惟屏柵電容器，於短波放大時，回授電能，自生振盪，為遺憾耳。

如第二百十五圖，將 T_1 及 T_2 成音週率變壓器，調以射電週率變壓器，成推挽式放大器，亦可得不失真放大之利益。

201. 補救自生振盪之方法

上述三種射電週率放大器，恆以自生振盪之故，未克充分利用，必須設法調濟，調濟之道固多，非放大率減小，即靈敏度不良，公

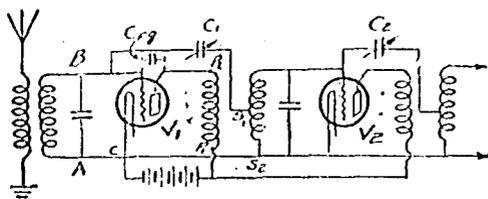


第 二 百 二 十 一 圖

認合法而普通利用者，有下列
第二百二十一及二百二十二
圖之連接，如第二百二十一圖
中，P之電位器，以400歐姆左
右之耗阻組成，接觸點S甚易
左右移動，使 V_1 柵路內之耗
阻或大或小，如是經屏柵電
器之電能，得妥為調節，免於振

過其靈敏度尚不弱，惟放大效率為減小耳。

202. 平差接收機



第二百二十二圖



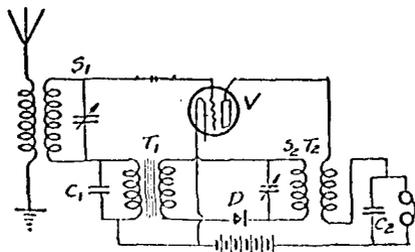
第二百二十三圖

第二百二十二圖為平差法，(Neutrodyne method) 作用靈便，效率極大。自此法發明後，射電週率放大，開一新紀元，應用之廣，幾於無機不用。如圖 $P_1 P_2$ 間之高週率電，應發生二種電流，一在 V_1 屏電路內通行，一在 $P_1 P_2 C_{13} B A C E_2$ 內通行。是即由 C_1 回授電能於 $A B$ ，使 V_1 發生振盪。設此路電流為 i 。因 $P_1 P_2$ 與 $S_1 S_2$ 相交連之故， $S_1 S_2$ 間由感應而得電壓。此電壓與 $P_1 P_2$ 間之電壓反相。其在 $S_1 C_1 B A C S_2$ 之電流，適與 i 相反。倘彼此相等，其效果相消。 V_1 永無振盪之機會。求相等之法，可調節 C_1 ，故 C_1 有平差電容器之名。普通用者在 $50 \mu\text{pf}$ 左右，其式樣如第二百二十三圖。至測定平差之法，可以 V_1 及 V_2 等之燈絲電流中斷，調節 C_1 。如聽筒內無電訊可聞，各電路已中和矣。倘 $S_1 S_2$ 上之電壓與 $P_1 P_2$ 上電壓不反相，即調節 C_1 ，永無中和機會。此時應將 S_1 兩端之接法對調（對 S_1 全部而言）。若 C_1 太大時，可將 $S_1 S_2$ 間之線圈減小，換言之，即將 S_1 接點向下移動若干轉，反之，則將 S_1 接點移上若干圈。

203. 回復接收機

為充分利用三極管起見，有所謂回復電路者 (Roflox Circuit)。一三極管司射電週率放大外，又司成音週率放大，三極管之效率大為增加。其最簡單者，如第二百二十四圖。 S_1 所接射電週率電訊

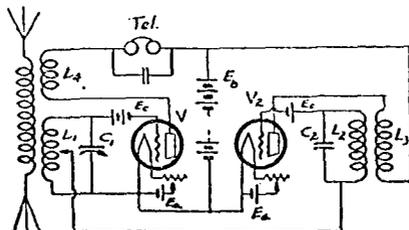
第一次經 V 爲射電週率放大藉 T_1 傳於 S_2 ，由晶體檢波器 D ，變爲成音週率，經成音週率變壓器 T_2 ，復傳之於柵電路 S_1, C_1 於是 V 又司成音週率放大，在聽筒內，聞甚強之音。 C_1, C_2 爲 $0.002 \mu f$ ，均爲枝路電容器。有時檢波器亦用三極管，並裝回授圈，其效率更大。惟此種電路，往往因各機件之佈置不良，接收之電波太短，三極管自生振盪，亦用平差法以制止之。



第 二 百 二 十 四 圖

204. 無極回授法 (Super Regenerative Method)

用回授電路以接收播音者極覺效率甚高，成音洪大。惟至回授過度，三極管自生振盪之時，不特所聞不清，且又噪音雜出，甚至影響鄰近者收音，法律上加以裁制。故爲利用回授電路之效率，並不使連續振盪計，有無極回授法之發明。應用是理之電路固不少，茲據第二百二十五圖，以說明其大概。



第 二 百 二 十 五 圖

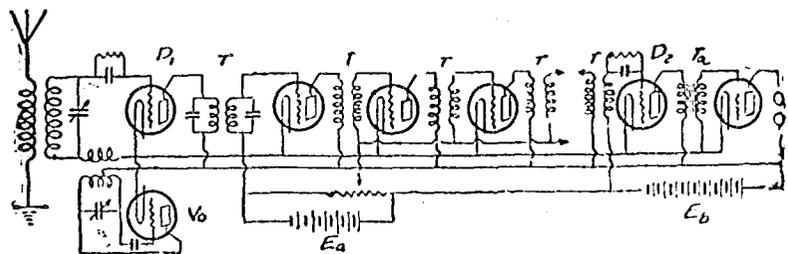
當 L_1 回授過度， $L_1 C_1$ 自行振盪時，不特不吸收電工率，且能供給電工率，柵路中耗阻有負性，故學者稱曰負耗阻。任何振盪電路，恆以柵路中之有效耗阻，為零或小於零為條件。 V_2 亦生振盪，週率約為 10,000 其電能由 $L_2 C_2$ 而傳至 $L_1 C_1$ ，藉 L_1 上之滑接為調節，此電能之傳遞為週期的，其半週對 $L_1 C_1$ 供給，又一半週必吸收，供給時 $L_1 C_1$ 之有效耗阻更為負，不足影響其振盪；吸收時 $L_1 C_1$ 之有效耗阻，自負而成極大之正值，使其振盪，減幅停止。換言之： V_2 對 $L_1 C_1$ ，加入週期的若干耗阻，使 V_1 之振盪隨 V_2 之週率，或作或輟。 V_2 週率在成音以上，故對收音者，不生妨礙，對 V_1 之連續振盪，加以裁制，已達無極回授法之目的。此種接收機之劣點第一不能接收連續波電訊，第二多雜聲，第三外來之電訊週率應與 V_2 週率，相差極大，故僅適用於短波，不適用於長波，蓋長波之週率低，非因 10,000 週率而失真，即與 10,000 週率，成能聞之音差，影響接收工作。

205. 無極外差接收機

普通接收機之組織，共有三極管六座，三座為射電週率放大器，一座為檢波器，二座為成音週率放大器。如須額外增加，電路設計困難，且高週率電訊有難於接收之弊病。惟阿姆司屈郎之無極外差法 (Armstrong's Super-Heterodyne Method)，三極管，得用十座左右，茲說明其概要如下：——

此法原理，與外差法同，惟本地振盪器所生高週率電流，與外來電訊週率之差為 100,000。以此種週率電流，經第一次檢波器後，用變壓器交連式，一再放大，乃檢測而成音放大之。因再再放大者，週率較低，放大較易，不致自生振盪失其功效，故放大組數得任意增加，不受限制。其普通用者，如第二百二十六圖中 D_1 為第一次檢波器，即檢測 100,000 週率者也， T 等為射電週率變壓器，與其相連之三極管組成 100,000 週率之放大器， D_2 為第二次檢波器，如外

來電訊為播音台之音樂，則經收音變壓器 T_1 放大後，於聽筒內，即聞悅耳之音。如為等幅波電訊，則 100,000 週率之電訊仍在能聞以外，須再用本地振盪器與 D_2 交連，藉外差之理，變成 1000 週率後，方可收音放大而接收之。



第 二 百 二 十 六 圖

206. 短波接收機

論短波接收機之組織，與上述者不過大同小異而已，如第二百十一圖，將線圈及電容器等特為配合之，即可接收短波電報，或短波播音。至線圈應有之大小，可參照下表：

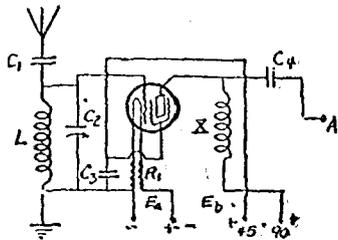
柵路線圈 (轉數)	回授圈 (轉數)	波 長 (米突)	週 率 (兆週/秒)
1	2	17.5-8.6	17-35
3	2	39-15.8	10-19
8	4	62.5-29	4.8-10.3
18	6	111-56.6	2.7-5.3
49	18	214-107	1.4-2.7

二個線圈，繞在同一膠木管上，其直徑為三吋，彼此相距 0.1 各吋，用間隙繞法，每一吋內可繞十轉，導線用第十六號天線電路

內線圈三四轉已夠，其直徑亦為三吋，與柵路線圈之交流速度，得隨意調節。柵路電容量自 6 而 130 μf 。若能再用一微分電容器，有最大電容量 3 μf 者，與上述電容器並聯後，再裝一微分節，則配諧時極為方便。控制回授作用者，為回授電容器，其最大電容量為 300 μf 。如第二百十一圖之接法再添一組成管放大器，接收距離，可大為增加。若僅用一只回授電容器，在其電容量範圍內，回授電能，未為均勻。故以 25000 歐姆之耗阻與聽筒，或成音週率變壓器之正路圈，（於成音放大時）串聯之，上述不均勻弊病，即可免除。

207. 四極管放大器

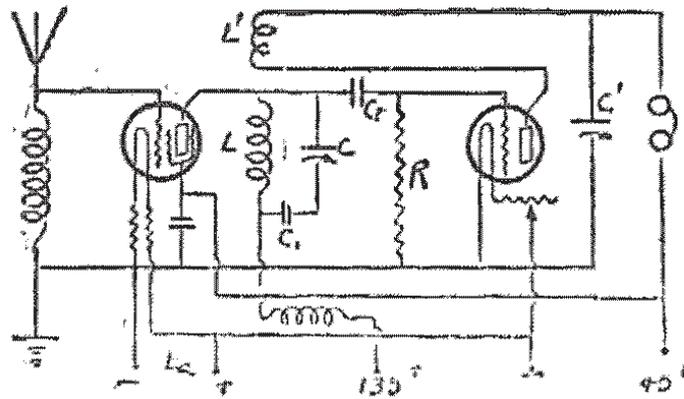
四極管作用之理詳於第九章，第 172 節，論其應用，凡接收機有三極管之處，均得以四極管代之。就中效率較高，最足引起無線電界之注意者，為四極管之射電週率放大器。不論射電週率之或高或低均得藉四極管放大。放大時不見困難，反增利便。其接法如第二百二十七圖。圖中四極管為 UX222， L, C_2 之配合，隨放大週率



- C1: 定值電容器 (0.0001 μf)
- C2: " " " " (0.5 μf)
- C3: " " " " " "
- R1: 10 歐姆
- X: 高週率阻繞圈
- C4: 定值電容器 (1 μf)

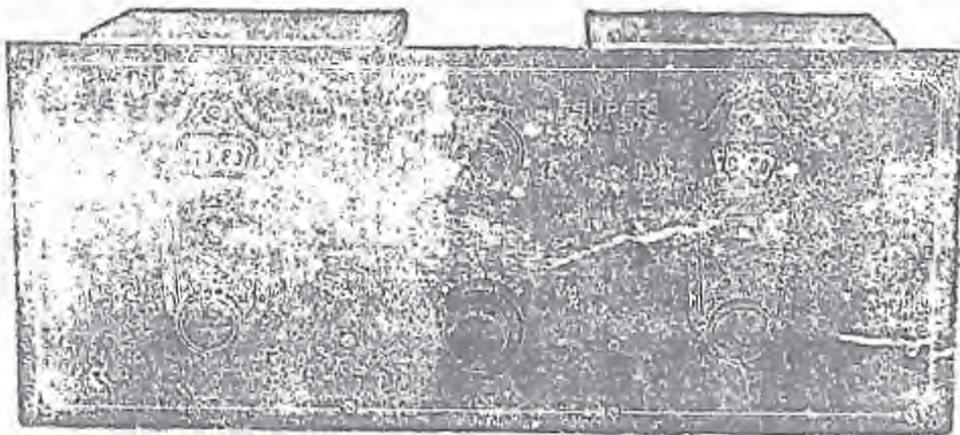
第二百二十七圖

之範圍而定。A點可接至任何接收機之天線接柱上，如是接收機增多一組射電週率放大若此種放大器，用於短波接收機，其接法可改成第二百二十八圖。圖中L, C, L', C'之配合，可參考第206節。



第 二 百 二 十 八

C_1 為 $0.005\mu\text{f}$. C_2 為 $0.00015\mu\text{f}$. R 為 柵漏. 其餘機件可參考第二百二十七圖. 美國百樂公司新製一種短波接收機，其大體如第二百二十八圖所示之電路，再加二組變壓器交連之成音放大器至外觀式樣如第二百二十九圖 a, 與 b. 高週率電路，均用金屬箱隔離，波長



第 二 百 二 十 九 圖 a.

範圍，自 17 米突至 550 米突。聞使用此機者，在上海能接收歐美短波電訊或播音。四極管率率之大從可知矣。



第二百二十九圖 b.

習題

1. 試就第二百圖 a 說明 O 及 X 之效用。
2. 試驗發報機，應用第一百九十九圖 (b) 時，X 不用，終不能使發報機發生振盪，何故？
3. 如第一百九十七圖，X 裝於柵電路，而不裝於屏電路，何故？
4. 放大電能發報機之優點何在？
5. 於放大電能發報機上之放大器，自生振盪時，對發報工作有何妨礙？
6. 如前題用何法可使放大管不振盪，並其運用法若何？
7. 石英晶體有何種特性？
8. 在石英控制之發報機上發生振盪之主要機件為何種？
9. 何謂穩定振盪？振盪不穩定對發報工作有何妨礙？
10. 何故用交流高電壓時，亦能使三極管振盪？此種發報機之利弊何在？
11. 今以同授電路收音機，接收播音，測知於振盪將生未生之時，為收音最優，何故？

12. 如前題,自發生振盪以後,收音時噪聲雜出,何故?有噪聲後對收音者本身,固為不利,其對於鄰近收音者,有妨礙何故?
13. 何種成音放大器最優?
14. 推挽式放大器之利益何在?
15. 耗阻交連放大器之利弊何在?
16. 某種三極管之放大係數為6,屏路耗阻為16,000歐姆,管外屏路中又接上耗阻10,000歐姆(r_0),柵路中有交流電壓 54×10^3 伏脫(e_0),問 r_0 上之交流電壓降為若干?
17. 如前題輸出電工率為若干?
18. 短波收報機之用三極管者,何故不能利用射電週率放大器?
19. 如前題,用四極管,即可得一組射電週率放大器,其故何在?
20. 平差接收機之原理何在,並使用法若何?
21. 短波收報機,何故不用平差法,使射電週率之電能放大?
22. 改良接收機之選擇性,當用何法?
23. 天線電路中之加線圈與接收機電路相交連者,轉數愈小,選擇性愈優,何故?
24. 無極外差接收機之利益何在?
25. 於放大電能發報機,振盪管與放大管之輸出電工率各為7.5瓦特,天線電路是否可得15瓦特,試詳言之.
26. 於短波收報,欲接收較長電波,只能調換線圈,波愈長,配諧愈不銳,其故何在?
27. 某耗阻交連式之放大器,所用三極管之放大係數為8,當 $E_b = 135V$, $E_0 = -9V$ 時, $I_p = 4m.a.$,若該管之 R_p 為11,000歐姆,交連耗阻為20,000歐姆,問 E_0 須增加若干,方使 I_0 仍為4 m.a.?
28. 發報機之裝有屏路安培表與柵漏者振盪產生時,屏流必下降若干,何故?

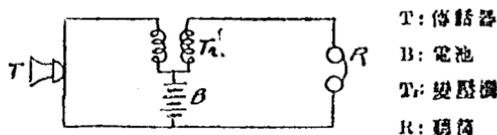
29. UX201_A之 $\mu=8$, $R_p=12000$ 歐姆,第一管之屏路與第二管之柵路爲磁感交連,設第一管接得之 e_c 爲 5 伏脫,屏路因第二管之交連關係,增加耗阻 1500 歐姆,其原有之外路耗阻得省略不計,問第二管柵路,可得電工率若干?
30. 耗阻交連式之成音放大器,不易失真,試就其 I_p-E_c 特性曲線之變換,而說明之

第十一章 無線電話

208. 聲電之互變

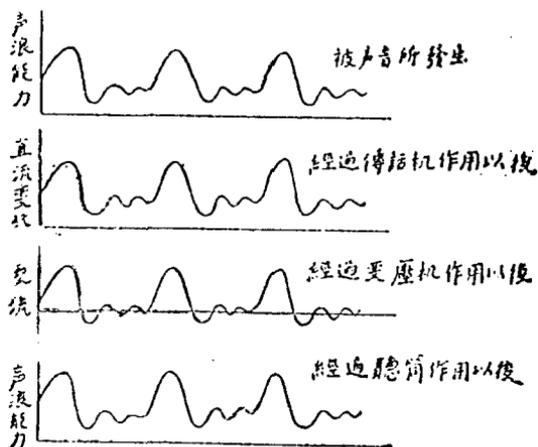
無線電話與無線電報相差點，僅在人語之傳授而已，在普通有線電話中，吾人音浪藉傳話器 (Transmitter)，使其電路內直流生變化，其變化時，波幅及週率均與音浪同樣，故此種直流，已成顫動電流，得用一種變壓機達於聽筒，因電流作用將傳話器所受之音浪還原，今以曲線及電話電路，表明其互變情形如第二百三十圖 a 與 b。

(a): 有線電話之簡單電路



第二百三十圖 a.

(b): 電話電路內聲音與電流之變化



第二百三十圖 b.

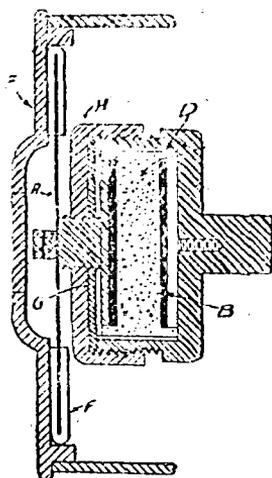
吾人聲音每秒內顫動之週率，約自 100 而至 6000。嬰孩之耳膜較鬆，每秒內顫動 20000 次者亦能聽到，中年人對一秒內顫動 10,000 次者已覺難聞。聲音之成，由於空氣受到壓力故不同週率之聲音，必具有不同樣之能率。語言中其能率最多者，乃在週率為 500 以下之聲音，惟組成此語言，使人聞之不覺為他種聲音者，乃特週率為 500 以上之音。平常語言，所具能率為 7.5 兆分瓦特，故在三極之距離，向傳話器講話，傳話器薄膜，能受到每方呎 10 達因之壓力，吾人耳膜，對 1000 為週率之聲音，只須每方呎 0.001 達因之壓力已能聽到，如為 1000 達因者雖能覺察已不為聽覺作用而為感覺作用矣。

聲音既為能之一種，電亦為能之一種，故聲電互變，不過為能之蛻變而已。聲音有週率，故其變成之電能，如電壓與電流亦有週率，反之凡顫動電流或交流之週率，在聲音之週率範圍內者，方可藉聽筒變成聲音。此種週率即所謂成音週率也。

209. 單箱傳話器

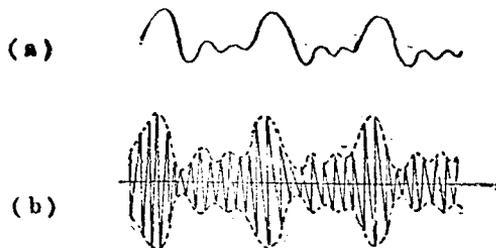
聽筒構造已於第八章第 134 節述及。至單箱傳話器之結構如第二百三十一圖。簡言之：有炭製之導體二片 (B)，中間貯炭粒 (C)。受音處有一薄膜 (A)，與一導體片相連。二導體片又與電路相連。當聲浪對薄膜作用時，受不同之壓力，遞及炭粒，其耗阻為之變換。於是直流之在炭粒中經過者，因其耗阻之變換，而生同樣變化。此種已經變化後之直流，經變壓機而直達聽筒。因聽筒之功用，將聲音還原。

無線電話中傳話器，受聲音之變化，變成電能之變化，通於振盪器電路，使其高週率電流之幅，依音波而變化之。無線電波亦然，如是聲音藉無線電波之放射，達於遠地。其變化情形如第二百三十二圖 a 與 b。圖中 (a) 為音流之變化，(b) 為高週率電流受聲



- | | |
|---------|----------|
| A: 燈絲 | E: 外殼 |
| B: 炭製導片 | F: 橡皮圈 |
| C: 炭粒 | G: 雲母片 |
| D: 紙片 | H: 膠木陰螺絲 |

第 二 百 三 十 一 圖



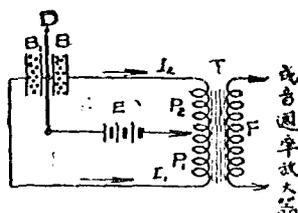
第 二 百 三 十 二 圖

管影響後之曲線此高週率電流所產生無線電波之變化與(b)相同接收音機天線電路因感應作用產生高週率電流此電流之

變化亦與(b)相同,經檢波器及聽筒等,將聲音還原。

210. 兩箱傳話器 (Double Button Microphone)

如前述傳話器,用兩箱炭粒,相連如第二百三十三圖,則傳話作用,更見完善,單箱傳話器之劣點,均可免除,因中 B_1, B_2 為貯有炭粒之兩箱,介於中間者為薄膜 D ,聲浪作用於 D ,當一箱所受壓力增加時,他箱所受者必減少,亦即 I_1 增高時, I_2 必低降,此增彼減之效果,利用於無線電者甚多,推挽式成音放大器,能使放大不失真,即其顯著之例,兩箱傳話器與推挽式成音放大器,作用相似,其效果亦相同,故現時最新播音台鮮有不用兩箱傳話器,以廣播言語或音樂者。



第 二 百 三 十 三 圖

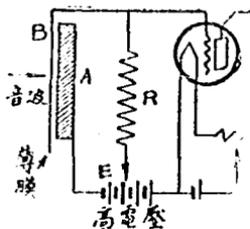
應用兩箱傳話器時,其調幅變壓器 (Modulation Transformer) 之正路線圈,必有中點導於外面,接法如第二百三十三圖所示。按圖細察,得知 B_1, B_2 間所受壓力之一增一減對 P_1, P_2 之效果適同相加,在副路線圈 F 方面所得之感應電壓,亦適成兩倍。且直流之經過傳話器兩箱者,在 P_1, P_2 上,方向相反,對調幅變壓器,無勵磁效果,其司勵磁作用者僅 I_1, I_2 之變化值。設 I_1 所增者為 a , 則 I_2 所減者亦為 a , a 與 I_2 同向,而與 I_1 異向,惟在 P_1, P_2 , 則同向,故勵磁相助,效果相加,况 a 之增於 I_2 者,相等於減自 I_1 者,所增抵所減,對於 E 電池所供給之總直流無得失,故 E 電池電壓有變化時,對 F 上之

成應電壓，影響極微。

中間薄膜張拉極緊，在兩箱間，與箱面之距離極近，故薄膜之本身週率高，顫動時之減幅率大，傳話器失其靈敏，恆用多組成音放大器以放大之，器之周圍，附有三四根彈簧，空懸於垂直平面，得免地板或其他鄰近物件振動時之妨礙。

211. 電容傳話器

傳話器中傳話最不失真者，莫電容傳話器若，惟靈敏度更差，成音放大器，恆用五組，使用時常感困難，其結構與接法如第二百三十四圖，A為較重之鋼片，B為極薄而拉緊之薄膜，亦以鋼製成。



第 二 百 三 十 四 圖

A B 間相距僅 0.001 吋，中貯空氣，故簡言之，所謂電容傳話器者，乃空氣電容器也。E 之電壓約有幾百伏脫，經過高耗阻 R 連至 A B 使之積電，當聲浪對 B 作用時，A B 之電容量變換，積於 A B 之電量亦變換，R 上得電壓降，導於三極管之柵路，此管為成音放大器之第一座三極管，電工率極小，逐漸放大，始得洪亮之音。

212. 調幅 (Modulation)

使振盪器高週率電流之幅，如聲音而變化者，謂之調幅。調幅之優劣，安於交流幅變化之大小，倘變化不大，則播音不良，失其自然，且所傳距離，亦大為減短，故無線電話播音機之功用，不視其天

線電路內高週率電流之多少，而全視其調幅時，交流幅變化之大小，凡變化較大者其成績較良。

表交流幅變化之大小者曰調幅百分數 (Percentage of Modulation)，今以算式表之如下：

$$M = D/I_0 \times 100\% \dots\dots\dots(143)$$

I_0 = 傳話器不受聲音作用時之天線電路中交流

D_1 = 傳話器受聲音作用時天線電路中最小交流與 I_0 之較數。

M = 調幅百分數。

理想中之 M ，當為 100%，設計甚難得之不易，60 或 50% 者為普通常用，及必須之調幅百分數，最近趨勢 M 增至 60% 以上，歐美新建之播音台，且以百分調幅告矣，惟變化太大，用舊式收音機多聞模糊不辨之音，故收音機亦常有相稱之改良，俟第 227 節論之。

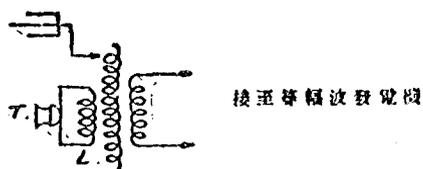
213. 調幅法

調幅方法甚夥，約言之得分三種：一曰天線交流吸收法 (The Antenna Current Absorption Method)，二曰柵電壓變化法 (The Grid Voltage Variation Method)，三曰屏電壓變化法或稱海黑心調幅法 (The Plate Voltage Variation Method or Heising Method)，三法中以第三法為最優最新，無線電播音員多採用之，第一、第二兩法漸見廢用，茲分述之。

214. 天線交流吸收法

電路結構如第二百三十五圖，圖中 T 為傳話器， L 為線圈，與天線電路相交連，當天線電路有交流時，其能力之一部分，為 L, T 所吸收，吸量大小，依其耗阻而定，耗阻大小，又隨傳話器之作用而變，聲音速傳話器，即變換其耗阻，天線電路之電能為一定，一小部分既為 L, T 吸收，則發射電能即減少，減少之變換以吸收週率為

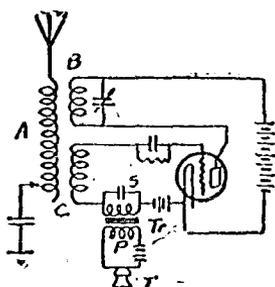
準，遂成調幅作用。



第 二 百 三 十 五 圖

215. 柵電壓變化法

電路結構如第二百三十六圖，圖中機件大小可參考第十章第 177 節。



第 二 百 三 十 六 圖

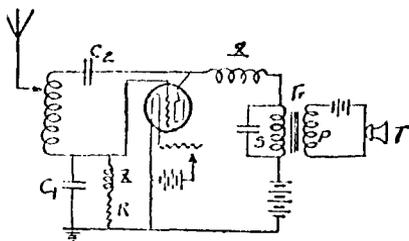
當傳話器 T 受聲音作用時，T P 電路內發生音流，經調幅變壓器 (T)，於 S 方面，有低週率（與聲音之週率同）電壓，接入柵電路，使柵電壓為同週率之變化。因 ABC 三線圈交連之相互作用，天線電路之交流，得隨聲音週率而變化，調幅作用遂成，此法用於電工率較小之無線電播音機，甚屬適宜。

216. 屏電壓變化法

此法功用，基於屏流因屏電壓而變化之理，依三極管之 $I_p - E_p$

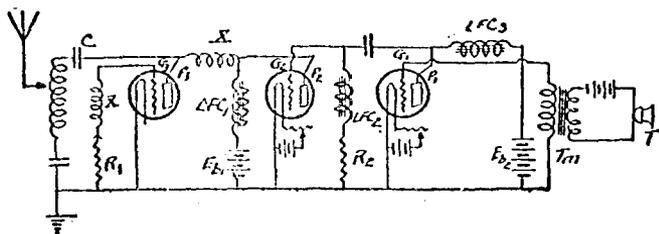
特種曲線當 I_p 不為飽和值時, I_p 得隨 E_p 之增減而增減振盪電能亦由 E_p 等所供給, E_p 與 I_p 大者振盪電能亦大, 反之亦小, 易言之: E_p 之變化得變化振盪流之大小亦即變化振盪流之幅。

應用前理得無線電播音機之電路結構, 如第二百三十七圖。



第二百三十七圖

機件大小, 可參考第十章第 180 節。圖中發生高週率交流者, 為考畢子電路, 屏電路接有調幅變壓器 (T) 及傳話器 (T) 電路, 當聲音作用於傳話器時, 其本電路之直流, 因之變化, 經變壓器於其 S 二端, 產生相當交流電壓, 此電壓作用於屏電路, 使屏電壓增減變換, 而振盪流亦隨之更改, 其結構雖簡單, 但屏流之變化有限, 調幅作用未見靈驗, 改良之如第二百三十八圖, 效果較善。



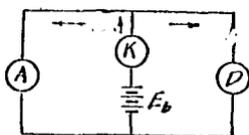
第二百三十八圖

圖中, LFC 為成音週率阻流圈, 其餘各機件之符號, 及功用

等，均與前述者同。當音波對傳話器作用時，於調幅變壓器 (T_m) 之正路線圈得直流之變化，在副路線圈得交流電壓。此電壓作用於第 I 三極管之柵電路 G_1 。該管為成音週率放大器，司放大之責。其屏流乃傳話機內電流之放大者也。將屏流分析之，可有二種：一為直電流在 $P_1 L F C_1 E_2$ 電路內通行，一為已經放大之音流，為 $L F C_1$ 所阻，僅能經過電容器而達於 G_2 。又因 $L O F_1$ 之關係，此音流不能以 $L F C_2$ 及 R_2 為短路，使第 II 管之柵電路得相同週率之交流電壓，再經第 II 管而放大之。

第 III 管為振盪器，其高週率電流因 X 關係，不能通過 $L F C_1$ 及 E_2 ，僅能於左方之振盪電路內通行。第 II 管屏電路內之放大音流，因 $L O F_1$ 之關係，不能以 $L F C_1$ 及 E_2 為短路，得成音週率電壓。但第 II 管及第 III 管之屏電壓，發生相當變化，振盪流之幅，亦隨之變化。

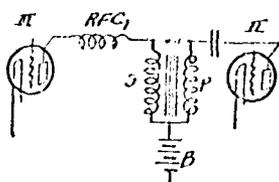
事實上 $L F C_1$ 對成音週率之磁感週阻甚大，故經過 $L O F_1$ 之直電流極難變換，因有定流調幅 (Constant Current Modulation) 之名，茲用第二百三十九圖以說明第 II 管與第 III 管，電能受授時之



第二百三十九圖

變化。圖中 A 代表第 III 管，屏電路間之耗阻，D 代表第 II 管屏電路間之耗阻，K 代表 $L O F_1$ ， E_b 供給定值直流。此定值直流，經 K 後，分其一半至 A，又一半至 D。蓋第 III 管與第 II 管為同式三極管，而耗阻亦相同也。若 D 減，則直流之入 D 者增，因過 K 之直流不能變，於是入 A 之直流減小。反之，則 A, D 間直流之增減亦反。惟根據三極管作用之理，凡柵電壓變化時，得變化屏路耗阻，是即變化 A 之直流，亦即變化第 III 管電能之供給。故其振盪流之幅，得隨聲音之變化而變化，以完成其調幅作用。如將第二百三

十九圖照第二百四十圖改良之調幅作用更能完善。



第二百四十圖

此圖與前圖同特將 LFC₁ 換一 PS 之變壓器而已變壓器 PS 二圈之比例數為 1:1, 即 P 及 S 內之交流電壓彼此相等之謂第 II 管屏流之變換於 PB 內流行, 當第 II 管屏電流增加時其電壓必較 B 為

高, P 上交流電壓, 在此時與 B 串聯經變壓機作用, S 上交流電壓適與 P 上者反相, 此交流電壓亦與 B 串聯, 而正負相反, 故使第 III 管之屏電壓變小, 易言之, 第 II 管屏電路所增之電壓數, 即為第 III 管屏電壓之所減數, 反之, 第 III 管屏電壓, 亦有同數之增加, 故 B 電池所給直流, 恆為常數, 上述調幅情形, 更能符合。

新式強力播音機大都採用此種調幅法, 其電路結構如第二百四十一圖。

217. 調幅百分數之量法

調幅百分數之大小, 有關播音機播音之優劣, 非設法測量, 無以知播音之實際, 如第 212 節所述, 固可自天線電路中安培表, 量得 I_m 與 I_r 後, 代入 (143) 式即可計算調幅百分數, 但此種安培表之靈敏度恆不大, 且於調幅時, 指針擺動極快, 難得正確之記數, 況真正調幅百分數, 應自高週率電流, 於未調幅前及已調幅後之最大值比例之, 較為實際, 設

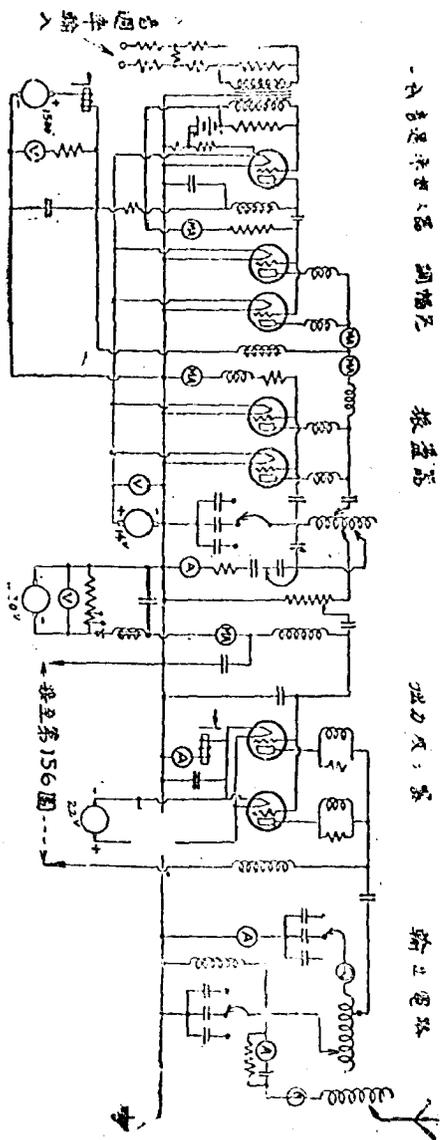
I_m = 調幅後之最大交流

I_r = 未調幅前之最大交流

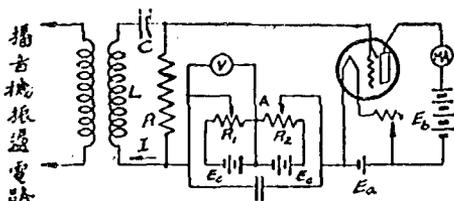
$$\text{則 調幅百分數} = \frac{(I_m - I_r)}{I_r} \times 100 \dots \dots \dots (144)$$

測量 I_m 與 I_r 之電路接法, 如第二百四十二圖, 圖中 L 之配合應

第二四十一圖



與播音機波長相諧振。R 爲 1000 歐姆。R₁ (0—100 歐姆) 與 R₂ (0—2000 歐姆) 均爲電位器。V 爲直流電壓表。M A 爲極靈敏之千分



第 二 百 四 十 二 圖

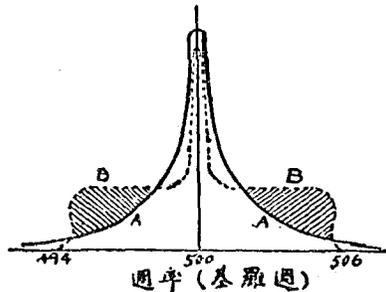
安培表或測電表。使用時，先將 R₁ 之滑接接至 A，調節 R₂ 使 M A 爲零。乃以 L 與播音機振盪電路交連，R 上得 I，有電壓降，I 爲負向半週時，柵路更爲負，M A 當仍爲零，正向半週時，柵路得正電壓，M A 當有記數而不爲零，於是調節 R₁ 上之滑接，使 E_v 增加，至 M A 爲零而止。此時 V 中記數必與 R 上之最大電壓降相當。I 之最大值，與播音機之最大交流成比例，又與 V 中記數成比例，故 V 中記數亦即與最大交流成比例。I_n, I_m 與調幅百分數，即得從此測定。

218. 調幅波之成分

自各種調幅法觀之，組成此調幅波者，似爲二種電流，一爲高週率者，一爲成音週率者，其所具電能，亦必爲此二種不同週率之電能所混合而成。惟據數理證明，與實驗結果，前說與事實不符。設高週率爲 500,000 (等於 600 米突) 調幅之低週率爲 5000，此種調幅波，如第五章第 97 節所述，用週率表 LCA，精細測驗之，可得諧振點三：一爲 500,000 週/秒，一爲 505,000 週/秒，一爲 495,000 週/秒，如用二種低週率爲調幅可得諧振點五。仿此推廣，用人語調幅時，則人語週率約自 100 而至 6000，調幅波所含之週率，除 500,000 外，尚有若干與人言週率相加者及相差者。前者曰 高界波帶 (Upper Side

Band), 後者曰低界波帶 (Lower Side Band), 如 500,000 週/秒者, 曰主波 (Carrier Wave)

收音機中, 配諧電路之有效耗阻小, 減幅率亦小, 選擇性優良, 配諧即極銳, 因配諧極銳, 對調幅波中, 高低波帶, 必不能如主波然, 完全諧振而收到, 收得之音必模糊失真, 其情形如第二百四十三圖, 圖中 B 為調幅波所包含之各種週率, A 為收音機之諧振曲線



第二百四十三圖

二邊面積之劃有斜線者即為收音機不能全部收到之許多週率, 故在聽筒或喇叭內, 所還原之聲音, 僅有低週率者, 而無高週率者, 不特模糊不清, 且將不成人言或音樂, 故曰選擇性極優之接收機, 實不利於收音也。

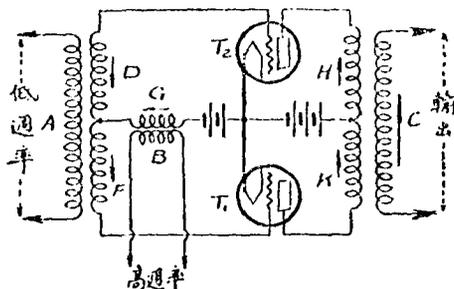
219. 單界波發射 (Single Side Band Transmission)

由前節所述, 可知調幅波除主波外, 尚有高低二波帶, 主波僅盡載荷之工作, 除供給電能, 使低週率者發射外, 於發射時此種高週率, 實無保留之必要, 即就二波帶而言, 任一波帶, 已具有低週率之成分, 僅使一波帶發射, 已足盡播音之能事, 是即所謂單界波發射也, 其利益有二:—

- (1) 電工率能節省至原有者六分之五。
- (2) 波帶之長得減短一半, 於是干擾減少, 而收音時易得銳

配諧。

上述優點對於長距離播音尤見需要，蓋電工率省則機件簡單，波帶寬則播音台週率便於分配。至此種發射之調幅法，如第二百四十四圖學者專稱曰平衡調幅器 (Balanced Modulator)。



第二百四十四圖

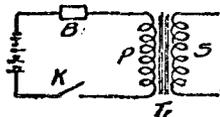
如圖 T_1 與 T_2 為二個調幅三極管，設 C 方面，自 B 得高週率電壓 E_C ， C 方面，自 A 得低週率者 E_D 與 E_F ，其正負如圖中矢示之方向。在 T_1 柵路內 E_D 與 E_F 同向，故調幅時彼此相加；在 T_2 柵路內 E_D 與 E_F 異向，故調幅時彼此相減。又設高週率為 f_h ，低週率為 f_l ，屏流 I_p 與 I_k 必含有三種週率，即 $f_h + f_l$ ， f_h ，及 $f_h - f_l$ 。但 f_l 之電流因二管推挽作用，在屏路內適相抵消，故 C 方所得電壓僅有 $f_h + f_l$ 與 $f_h - f_l$ 為週率者，接以選界濾波器，得將任一波帶濾去，以剩下之一波帶，用強力放大管放大之，即可向外發射。

接收此種播音時，常用外差法，蓋收音機天線電路，所得電流之週率為 $f_h + f_l$ （假定 $f_h - f_l$ 者已濾去），再自本地振盪器產生 f_h 為週率之電流，在收音機配諧電路彼此干擾，即得音差 f_l ，是即低週率電能，在播音機用以調幅者也，還原作用遂成。

220. 蜂音器為調幅之無線電報

無線電報得利用無線電話調幅之法，以傳遞電訊，其法即以

蜂音器代傳話器，接於前述各種調幅電路中，為調幅作用例如第
二百三十七圖中，將 T 拆去，改為第二百四十五圖之接法，當 K 合



B: 蜂音器

K: 電納

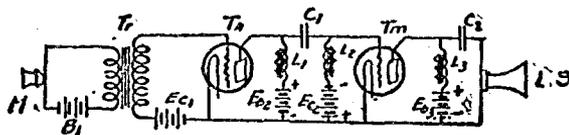
T: 調幅變壓器

第 二 百 四 十 五 圖

閉而 B 作用時，P 電路內電流發生變化，其情形與傳話器內，受聲音作用相仿，遂將高週率電流調幅，又有以蜂音器，直接置於傳話器前，將蜂音器之聲音，成電訊而傳遞之。其他以蜂音器為調幅之無線電報，詳於第八章第 131 節。總之此法效率不高，用者甚鮮。

221. 演講收音機

如將無線電播音機之振盪電路除去後，直接接於喇叭，即成演講收音機，此種機件歐美用之甚廣，我國南京廣州等處亦有裝設者，茲舉例如第二百四十六圖，以明其概要。



$E_{b1} E_{b3} = 300$ 伏脫 (屏電壓)

$B_1 = 6$ 伏脫

$E_{C1} = 22$ 伏脫 (耦電壓)

$E_{C2} = 20-40$ 伏脫 (耦電壓)

$C_2 C_1 = 0.05 \mu f$

M = 傳話器

$L_1 = 4h$

$L_2 = 10-50h$

$L_3 = 2-4h$

TA = 放大三極管

$T_m =$ 調幅三極管

$T_1 =$ 調幅變壓器

I.S. = 喇叭

第 二 百 四 十 六 圖

各機件之配合常隨所用三極管之式樣而異。第二百四十六圖所示者，乃指西方電氣公司之三極管 (Type-E 5 Watts) 而言。至全電路收音之理，早於收音週率放大節詳述，學者當不難領悟。

222. 傳遞單位 (T. U. Transmission Unit)

二收音放大器，放大之音，大小之比，非人耳所能為正確之別。故電話工程師，定有傳遞單位以別二音之大小，或一音未放大前與已放大後之差別。無線電話中，聲音亦居重要之部，故傳遞單位制，亦採用之，其定義如下式：

$$T. U. = 10 \log_{10} \frac{P_2}{P_1} \dots\dots\dots (145)$$

P_1 = 某音流未放大前之電工率

P_2 = 某音流已放大後之電工率

例如某音流輸入之電工率適為其經過放大器後電工率之百分之二，則

$$\text{放大後之傳遞單位數 (T. U.)} = 10 \log_{10} \frac{100}{2} = 20$$

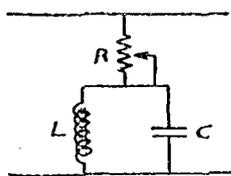
故已知電工率比例數後，代入第 145 式，再以常用對數表之以十為底數者，檢核計算之，即得傳遞單位數。最近國際電話會議，又用 D. B. (Decibel) 代 T. U. 所以紀念電話發明家倍爾氏 (Bell) 也。

利用上述之定義，製成一種音度表，(Volume Indicator) 表明聲音之強弱，以 DB 為單位。裝置音度表於演講收音機輸入之部，得察輸入聲音之強弱，調節適當之放大。至音度表之結構，實與三極管伏脫表相似 (詳於第十三章)，特於校核時，不以伏脫為單位，而以 DB 為單位耳。

223. 電話線平衡器 (Telephone Line Equalizer)

播音節目未能均於播音室中直接廣播，有時須藉電話線接

至戲院或演講廳等，將各種節目，傳至播音室廣播之。惟電話線必有分佈自感量，電容量及耗阻，線愈長三者之數量亦愈大，對不同週率之音流，不能平均傳遞，恆有顯此失彼之弊。大概傳遞高週率之音流難，低週率者易，苟不設法平衡廣播之音，完全失真，於是平衡器尚焉。平衡器之簡單裝置如第二百四十七圖。圖中變量耗阻器 R ，與 L （鐵心線圈） C （電容量）之並聯者，相串聯。 LC 之總阻，對於低週率之音流小，將其一部分電能橫渡減去，惟對於高週率之音流大，不生短路作用。於是各種不同週率之音流，至播音室，均勻遞減，仍具真面目。再用成



第二百四十七圖

音放大器放大之輸入播音機，即能廣播完善。至平衡器作用合度與否，事前應詳細試驗之。法之最簡者，得用不失真之放大器及喇叭，置於電話線之近端，於遠端將言語或音樂等輸入，倘喇叭發音圓滿，其合度可知。否則當變換 R 以調節之。若欲精細試驗，當以定值之交流，其週率自 100 至 5000，自遠端輸入，於近端，用音度表以測定各交流成音度之大小，如成音度相同者，平衡器作用適當。

224. 播音機

現時播音機，得分四部，一曰電能供給電路，二曰振盪電路，三曰調幅電路，四曰低週率放大電路，茲分述其設計及運用時之注意點如下：

甲. 關於電能供給電路者

電能供給電路中，不論其為高壓，或低壓，均須裝置適當之保險線或斷路器 (Circuit Breaker)，以防意外。蓋三極管振盪器，甚易失其振盪，振盪一止，彼電能之供給於天線電路者，停止放射，而消耗於三極管之其他電路中，三極管或其他機件，即為之損壞。如

上述之裝置，電路中斷，電能停給，決無損壞機件之虞。且整流器及濾波器電路之某處，如成短路時，上述裝置，極能避免其所生之危險。

用開關屈節 (Kenotron) 爲整流器，以供給電能時，其燈絲電流，應照製造者指示之數，切不可使之過量。最妥之法，當以伏脫表接於燈絲二端，時察其電壓是否合度，不合度時應即改正。濾波器方面如電容器，阻流器等，配置合量，可無意外之患。發電機器，嗡嗡之聲，有時得聞於收音者之耳，此係三極管燈絲電壓，驟爲增減而成，應特別調節避免之。如燈絲電壓爲 60 週率之交流電壓，其嗡嗡之聲（爲 120 週率）更甚，應接入相當濾波器，以消除之，於發報機中，電訊得不受嗡嗡之聲所妨害。

乙. 關於振盪電路者

若三極管屏部發生熾紅時，即應調節屏柵電路間之交連度，如增減磁感量或電容量等，至熾紅不現而止，萬一調節失效，當檢察天線電路之是否接地，或已成開路，或柵路中之斷流電容器，是否損壞等。

高週率阻流圈，線圈，電容器及柵漏耗阻等不受塵垢或潮溼之侵，決不至發生弊病，故對於塵垢，潮溼二點，應特別注意之。線圈之地位及絕緣體，當慎於選擇，偶一忽略，有減全機效率，大概瓷質，硬象皮及烘乾後之油浸木等，均可合用，就中尤以瓷質者爲最良。固定振盪路中之線圈及電容器時，最不可應用鐵或鋼質之螺絲或繫釘 (Bolts)。線圈與線圈交連之處，不宜有其他成路之金屬線圈存在，如有存在，非剪除，即用千層紙等特別隔離之。振盪電路之接線宜短，尤應與全機接地之部，相隔極遠，否則有電容器作用，一部分高週率電流，短路入地，電能大爲消失，真空管燈絲電流，最當合度，過小則效率低微，過大則管命不長，運用時當刻刻調節注

意之。

三極管發報機，亦有上述二種同樣電路，故於設計及運用上，當有同樣注意。

丙. 關於調幅電路者

調幅電路中最重要者，爲柵電路電池及傳話器電路內電池，常應保持其適當電壓，一有降落，即當調換。全機電能，運用時宜小而不宜大，若供給太大，不特播音之結果不能加善，且三極管壽命亦將爲之減短，其致短之由，約有二種：第一屏部溫度太高，發現熾紅，甚致熔解，或失其作用；第二燈絲溫度因將電能加大之故，超過預定之數，壽命自然減短，且屏部過熱，全機之效率減小，故收得之音不加清晰，反爲模糊，失去真面目，運用播音機者，應特別注意之。

丁. 關於低週率放大電路者

新建之播音機，無有以傳話器所得之音流，直接輸入調幅管者，蓋音度不強，調幅不夠，故中間必有低週率放大器，是即所謂成音週率放大器也。其組織與作用，已於前章詳述，普通用者如第221節第二百四十六圖，惟傳話器爲雙箱式，此種電路又有用推挽式或耗阻交連式者。作者經驗，播音機上，此部電路，最難配合適當，國內業餘播音台，往往音調不良，其最大之原因，即在此，且各種樂器，發音強弱，相差太甚，故欲一曲或一調之播音完善，非於放大電路之各部，均能視察音度之強弱，施以適當之調節不可。

此外對播音機，有極大關係者，尚有二端：一爲播音台之地位；二爲播音室之佈置。播音台地位，最忌於城市中心，如高屋大廈之均爲鋼骨水門汀者，對發射電能吸收極大，且於城市中心，亦必爲收音者最多之處，因與播音台相處太近，接得之電能較大，於本地播音時，決不能接收遠處播音，故播音台最適合之地位，爲離城二十哩或二十哩以上郊野空曠之地，使市民接得之電能不超過每

米突 100 千分伏脫茲以美國新定之標準列表如下：——

播音機 電工率 (Kw)	城市範圍 外之距離 (哩)
5	2
10	2.8
25	4.5
50	6.3

播音室佈置，最宜注意，否則到處回聲，影響于播音者極大。故室之四壁，地板，及天花板等，均常用回聲最少之質料。懸於四壁，鋪於地板者，普通用絨毯，於天花板用軟木，使能吸收聲浪，亦有以較薄之絨毯，空懸遮蓋者。若吸音太甚，有失音調之自然，故佈置時切勿過度。至其內容大概情形，請參觀插圖。

225. 收音機

調幅後之電流粗言之，不過將高週率電流，為成音週率者，分成幅度高下之節段，與減幅振盪流較，實質異而形同，故凡能接收減幅波電訊之各種接收機，均能用作收音機。此種接收機之用品體者，詳於第八章第 133 節，電路單簡，使用方便，價格低而推廣易，以尺窮財盡之吾國，欲提倡收音事業，作者恆謂，當自晶體收音機始。惟接得電能不多，播音台之電工率須加大，或播音台之建築處須增多。此種收音機大概於播音台鄰近十哩以內，收得之音，殊屬不惡，即較之三極管收音機用不良喇叭及放大器者，實有過無不及。各種三極管接收機電路，已詳於第十章，以三極管之效率言，遠在晶體之上。然任何收音機收得之音，不在成聲之高大，而在音質之優美，所謂優美者，即傳真度極大也。且播音台愈多，彼此之干擾愈甚，收音機而無相當之選擇性者，勢必接甲台時，亦聞乙台之聲，二音雜出，殊為不取。惟選擇性過優者，有損音質，亦屬不利。故收音

機之選擇性要以不受近台之干擾，而便於接收遠台為度。

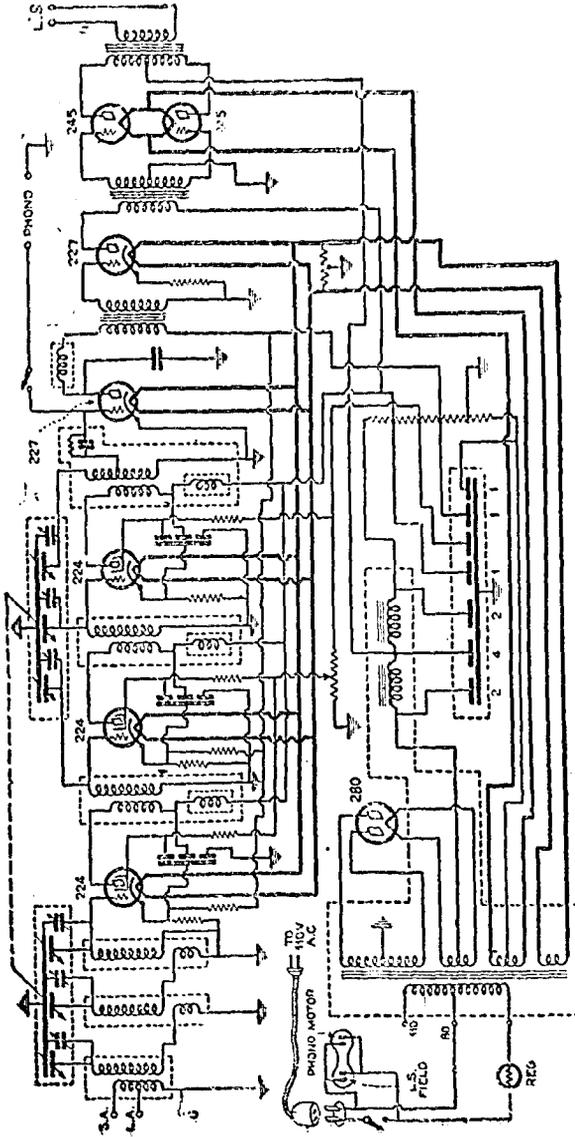
好高騫遠，人之天性，樂於收音者，恆以接得遠地播音視為快愉。故收音機，須有相當之靈敏度，用百呎左右之天線，常能接得數百哩外之播音。於是高週率電能，在未行檢測以前，至少須有二組高週率放大器，將天線上接得者，增加 50 甚至 200 倍，而輸入檢波管，始能達此目的。放大時對任何低週率之音調，同時放大，切不可益此損彼，致失本來面目。檢波管之效用，不過將高週率電能，變成低週率音流，音流大小，須視柵路之輸入電壓，倘無放大器，有時因電壓太低，收得之音，反被雜聲或天電等淹沒，故曰高週率放大器，能使收音機之靈敏度增高。且此種放大器，恆用配諧電路，多經一次配諧即多行選擇一次，故放大器之效用，除增加靈敏度外，又能使選擇性優良者也。

喇叭所需電工率，平均言之，約在十分之一瓦特，故以檢波後之音流，直接接至喇叭，於普通檢波管，往往為難事。乃用成音週率放大器放大之。此種放大器大都為變壓器交連式，成音變壓器之變壓率，3 比 1 者為最普通。變壓時，對不同週率之音流，應有同樣功效，方可使音質優美。通用變壓器，對 100 至 4000 週率之音流，尚能符合放大條件較大或較小者，即見困難。故於成音週率放大器多用一組音質即減色一次。最近遂有不用成音放大器之主張。

成音放大器，大都用二組，第二組之屏路，恆接喇叭。倘第二放大管之電工率不足，亦將負荷過昂，使收音失真。故最新計劃，用強力放大管如 UX210 及 UX245 等，以任其工作。惟電工率大供給亦大，仍用 B 組電池，殊不經濟。遂有交流收音機之行世。

226. 交流收音機

用電經濟，輸出強大，為交流收音機之優點。近今風行歐美，以前收音機之用 ABC 組電池，以供給電能者日見淘汰。此種收音



S. A. 短天線接柱
 L. A. 長天線接柱
 Reg. 電壓調節器
 PHONO. MOTOR. 留聲機馬達線之插頭
 L. S. FIELD. 喇叭磁場線之插頭
 其餘均為交流電氣管
 PHONO. 唱片取器之接柱
 UX231, 透明真空管式檢波管
 UX245, 強力三極管
 UX360, 雙屏真空管

第 二 百 四 十 八 圖

機電路，就原理論，無異於上述特用四極管及交流管等，代昔日之三極管耳。論其結構，則變化萬端，式樣不一，茲擇一最新式，而效率比較最高者述之。

電路結構，如第二百四十八圖。（第 269 頁）據製造者言，此機發音洪大，音質最美，其特點有八：—

a. 於高週率放大器之第一座四極管前，有三組選界濾波器，故選擇性極優，並免除各種雜聲。

b. 高週率放大器有三組，每組均用交流四極管，且高週率變壓器之正副線圈，均裝變量電容器，得隨意配諧。

c. 六只變量電容器，連於同軸，僅用一個微分盤可調節，此外只有一種調節以控制音度之強弱，控制者為電位器，置於第一及第二座四極管之簾柵路。

d. 柵漏檢波法，極為靈敏，故仍採用。配諧電路，僅與高週率放大器之末組變壓器相交連，如是二電路總阻之損益，得互相調濟。

e. 各組配諧電路，分置銅盒，妥為隔離。

f. 選界濾波器及放大管之屏路，另裝射電週率阻流圈外，並有枝路電容器，使高週率電流，有通路，不在整流器電路內流行，由整流器供給之電壓，均以耗阻器支配大小，每耗阻器又接有枝路電容器。

g. 兩組成音放大器，用一只成音週率變壓器外，又用二座 UX245，成推挽式放大後，而接至喇叭，故成音洪大，音質優美。

h. 唱片提取器（參考第 229 節）之或用或否，裝有開關，使用時萬分方便。

227. 強力與直線收音法 (Power and Linear Detection)

強力收音法者，乃將高週率電能一再放大，故檢波管柵路所得電壓較高，檢波後之成音週率電能亦大，即能接至喇叭發音，不

使檢波管負荷過量，強力檢波管後，有接一組或二組成音放大器者，得使輸出電工率加大，運用喇叭恰如，此種收音法之優點，在減少或省去成音放大器之組數，並不使三極管負荷過量，免除失真主因。

調幅百分數高，播音機效率大，故新建播音台，必用百分調幅，如百分調幅之電波，仍用舊法檢測，失真甚大，最大者為百分之二十五，蓋舊式檢波法，乃利用 $I_p - E_1$ 或 $I_g - E_2$ 特性曲線之最大曲度檢波後之輸出電壓，約與輸入者之平方，成比例，甚易失真，對調幅百分數較大者為較甚，今捨其最大曲度而利用其直線部分，於是輸入電壓與輸出者成比例，失真之機會，即能減少，對百分調幅者失真不過百分之十，耳聞之，音質優劣，不辨而別，是曰直線收音法。

主張直線收音法者，謂此法之優點有四，一曰失真之程度減少，二曰檢波之效率加大，三曰較弱電訊，易於淹沒，得免二音雜出，四曰天電干擾，強者變弱，弱者不聞，總上四端收音機之靈敏度遂為強大，應用此法時，除增加射電週率放大器之組數外，又須用強力檢波管。

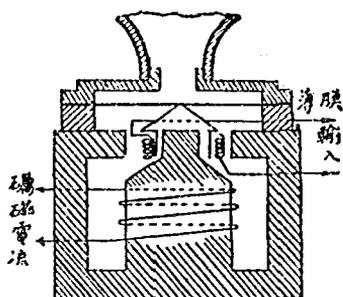
228. 喇叭

聽筒僅一人可聞，喇叭數十人可聞，故現時優等收音機，鮮不用喇叭以代聽筒者，喇叭式樣繁多，優劣不一，苟選購不慎，作用失度，即完善收音機，接收優異播音，亦覺破碎厭聞，大抵喇叭之優良者，極具下列二特性：—

1. 空氣振幅，因喇叭而發生者，與輸入喇叭之音流成正比。
2. 喇叭發音，不因音調之不同而變更其真面目，換言之，喇叭均能將各種不同週率之音流，變成其相當正確之音調。

喇叭結構及其作用之理，粗言之與聽筒相似，惟成音高大，橋

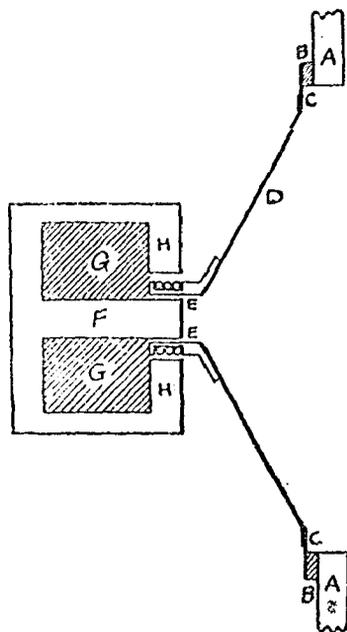
造上，非特別設計不可。其種類有二：一為有筒者，一為無筒者。有筒喇叭如第二百四十九圖。圖中所示磁場，為電磁性須另接電池以



第 二 百 四 十 九 圖

成之，亦有不用電磁而用人造磁者。經放大器後之音流，接於輸入之接柱。音流作用薄膜振動，動能傳於筒中空氣，空氣亦動，聲浪遂成。聲浪失真與否，與筒之大小形狀，質料等，關係極大。設計不慎，恆發噪雜不悅之聲。

喇叭之無筒者，為動電角錐喇叭 (Dynamic Cono Loud Speaker)，其結構如第二百五十圖。圖中 F 為圓柱形之鐵棒，繞以線圈 G，輸入直流，使成電磁場，其電工率約自 3 至 15 瓦特。E 為百餘轉之線圈，音流在其中通過，與 E 相接者，為紙製之角錐喇叭 D。其尖角成 140 度。GG 距離約為 10 吋。B 為銅圈，A 為木圈。ABC 三者，相接牢固。AB 之間又襯有軟絨。當音流作用於 E 時，E 即在 F 端顫動。D 亦動，遂成聲浪。木圈裝置，能阻止空氣在 D 之邊緣間流動，有助於低週率音流之成聲者甚大。此種喇叭與第二百四十九圖相較，實大同小異。其效率約 25%，即對於 40 週/秒之音流，還原時亦不失真。惟線圈 G 之耗阻僅 10 歐姆，接於成音放大器，非用輸出變壓器不可。此種變壓器之比例數，恆為 80:1。



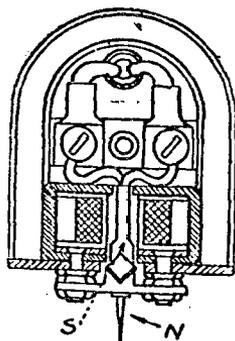
第 二 百 五 十 圖

最近喇叭中引起學者注意，而尚未至完善之製造品者為靜電喇叭（Electro-Static Loud Speaker）。其結構與電容器類似，一片固定又一片得自由顫動。當電容器積電時，因電子間之吸力，動片為之吸入，放電時，吸力去而動片之彈性，使其復原位。故動片與聽筒中之薄膜相當，得隨靜電喇叭上，所接電壓之變換而顫動。此種喇叭之優點在構造簡單，成本低廉，惟成音失真，尚未能與動電喇叭相頡頏。

229. 唱片撥取器 (Phonograph Pick Up)

收音機盛行，留聲機似受影響。惟收音有定時，不若留聲機有隨時開動之便。但留聲機發音有限，不能於大庭廣眾間開唱，且唱

片多，價格昂，一一購備，所費不貲，即曰能之，奈其他不成片之種種高歌名曲何。故為彼此調濟起見，有唱片提取器之發明。該器結構略如第二百五十一圖。當唱片旋轉時，其細紋深淺不一，鋼針(N)顫動，與鋼針同軸之鋼片(S)亦動。於是磁場強度變換，線圈內得音流，接至成音放大器放大之，遂成洪亮之音。西人家庭遊藝會中，時用此器，以得跳舞音樂；上海商店亦有利用此器，以廣招徠者。於小規模播音台中，無優良之傳話器者，以此器播唱片，結果殊為圓滿。



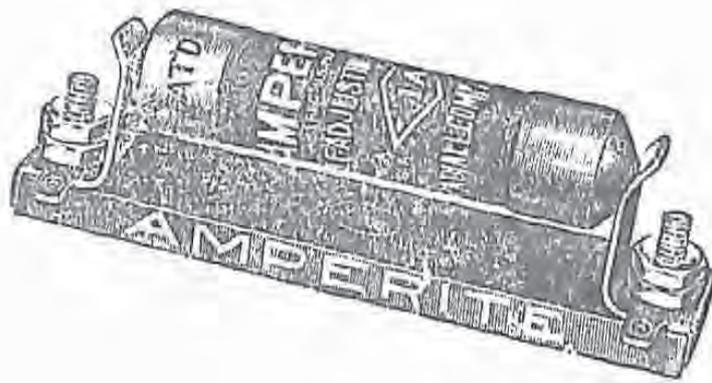
第二百五十一圖

230. 收音機音度控制法

同一收音機，音度強弱，恆視天線電路，接得電能之多少為斷。接收遠台時，各部放大器，當盡量放大，接收近台時，只須放大全數百分之一。遠近參差，如是之大，不有相當方法，以控制之，或音高下，難盡收音之長。控制法之常用者約有三種：一曰控制燈絲電流，二曰不使諧振，三曰電位器法，茲分述之。

控制放大器一部或全部之燈絲電流，似屬方便，用者亦廣。此種方法，施於接收較弱電波時，尚不致損害音質。蓋放大器雖因燈

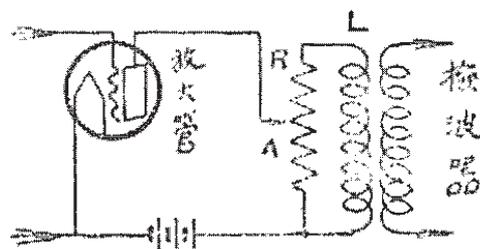
絲電流之減少，而減小其輸出，但輸入不大，決不致負荷過量，發音失真。若接收甚強電波時，應用此法，即不使射電週率放大器負荷過量，但成音週率放大器，電壓高而負荷之過量易，收接音調，必至失真。故曰射電週率放大器之燈絲電流，可以控制。於成音放大器，不應控制，宜為定值法用定流器（Amperite）串聯於燈絲電路，其式樣如第二百五十二圖其內部，粗言之不過一定值耗阻耳。



第 二 百 五 十 二 圖

如無其他相近波長之播音，互相干擾時，應用不諧振法，殊見完善。否則欲接之音，因不諧振而變弱，不欲接者適和諧振而加強，二音雜出，不堪干擾。故此法僅能適用於一時，不適用於任何時。

控制音度最善者，莫如第三法。各座三極管之燈絲電流，保持定值，配諧電路，妥為調節，惟射電週率放大器，輸入或輸出之部，裝以電位器，不需要之電能，得調節電位器，不使放大。其接法如第二百五十三圖。圖中 R 與 L 相並聯，其值甚大，裝有滑接 A，上下調節，



第 二 百 五 十 三 圖

使適量電壓，輸至檢波器，成音度控制。

最近又有所謂自動控制法 (Automatic Volume Control) 者，其電路甚繁複，其原理，不過將高週率放大後之過量電能，藉另裝之三極管變成柵路負電壓，輸接至放大器之第一及第二座真空管，使其放大效能減小，過量電能除去，設計者則謂應用此法，得使收音有一定強度，衰落得因此調濟，輸入檢波管之電壓，得成定值，但效果平常，尙未成爲完善之器。

習 題

1. 當傳話器上不受聲音作用時，天線電路中之交流爲四安培，聲音作用時，爲二安培，問調幅百分數爲若干？
2. 若播音之調幅百分數不大時，用何法使其增大？
3. 普通播音機之調幅管電工率大於振盪管，其目的何在？
4. 某播音台之播音中，男音清楚，女音模糊，其原因何在？
5. 播音台播音室中，牆壁上均裝有軟絨，其目的何在？
6. 播音機屏電壓用整流器供給者，必用濾波器，其目的何在？
7. 發報機或播音機之天線電路，與三極管振盪電路，用緊交連時，有何害處？
8. 播音機屏流（直流）太高時，有何害處？
9. 播音機之不用石英控制者，收音時可得何種現象？
10. 兩箱傳話器之利益何在？

第十二章 定向無線電

231 引言

無線電波，發於一地，輻射四方，故以發波處之天線為中點，於等距離之周圍，量其電訊強度，大致可以相同，間有因天線式樣之差別，山巔叢樹之阻撓，發生差異，但所異者亦屬有限，事實上兩地通訊，有效電波，所占空間，殊為狹小，以言經濟，甚不合算，且其他無效電波，散播於較大之空間，與其他各電台，即生干擾，故為提高效率，減少干擾起見，有所謂定向傳授 (Directional Transmission and Reception) 者，即於一定方向，發射電波，再於一定方向接收之之謂也。

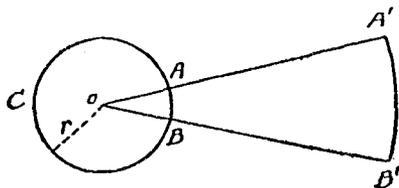
欲使無線電波，於定向之內，發射傳遞，普通言之，不外二法：一

甲. 發射電能，限止於某種方向而發射之。

乙. 發射電能，集中於某種方向而發射之。

第一法定向發射，甚似置燈於暗室，僅穿一孔以透光，干擾可減，效率不增，第二法定向發射，甚似汽車之燈，燈泡背面，置有反射器，將光線反射，向前直射，故干擾與效率，皆見增益。

如第二百五十四圖，設於某地之 O 點，置一直立天線，電能由此發射，則自 O 點，等距之各地，各測其無線電場強度，如以 γ 為單



第二百五十四圖

位，而圖表之，可得圓周 ACB ，苟於直立天線之旁邊，平行於 ACB 弧，架設若干不定向天線，將其電能吸收，不使發射，所發射者，僅

沿 $\cdot AOB$ 角，即成第一種定向發射，觀於 AOB 弧三角形之面積，與 AOB 圓之面積，相差甚多，其效率之微小可知，捨去吸收天線，而代以有反射性者，使沿 ACB 角，所發射之電能，集中之，即成第二種定向發射，倘以 ACB 圓之面積代表自 O 發射之全數電能，則以 AB 弧，平行推廣至 $A'B'$ 弧，使弧三角形 $A'O'B'$ 之面積，與 ACB 圓之面積相等，如是前者必可代表定向發射時之全數電能，而 OA 與 OA' 之比例，必為不定向發射時，與定向發射時，無線電場強度之比例，其效率之激增可知，況電波波長之適宜於定向傳遞者，波愈短而愈易為，故商用電台之裝置定向天線者，捨舊式之長波發報機，而用最近流行之短波發報機，以短波為傳遞，又能減少天電干擾之患。

無線電波，一處發射，隨處可收，祕密之道，幾於難能，即用密碼，彙考之後，不難推測，亦無祕密可言，倘用定向發射，角度愈小所占之空間愈狹，於是地面上可收之範圍有限，密碼之接收困難，彙考推測，尤見不易，祕密之效，由此益彰。

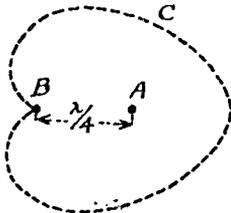
應用線圈天線，於一定方向，接收電訊最強，垂直於此方向時則最弱，故二種定向電訊，即波長相差，為值微小，最易於接訊處發生干擾者，倘其發射之方向，彼此垂直之後，再用線圈天線以接收之，干擾之患，即足免除，又有進者，應用線圈天線，以接收定向電訊，得自電台位置，測定接收處自身之地位，大霧之中，航空與航海，最足發生危險，倘於海岸之要口，航空綫之各地，架設指向電台指示飛機入之方向，助力之大，勝於燈塔，即不幸遇險，荷于海船飛機之上，早有定向無線電之設備，藉以呼救，失事地點，極易確定，救援者即有途可從。

232 反射法之定向發射

由前所述定向發射，第二方法，較為優勝，故實用上都利用之。

惟考其定向之理，無非以定向外之電能，設法反射，集成一束電波反射，郝志氏最早試驗，因其試驗之波長極短，僅為五十浬，反射極易，導片一方，即能見效。此種極短電波，郝氏自己，並未施諸實用。迄至今日，欲闢商用，尚有待乎研究。大概電波漸長，反射漸難，取商用之波長，而便于反射，以成定向者，則為五十公尺以下之較短電波。茲舉一例，以明其概。

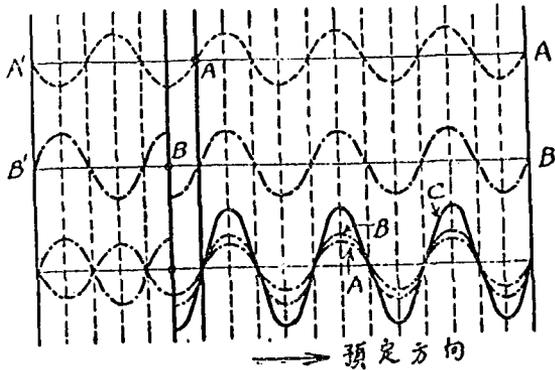
如第二百五十五圖，于 A B 二點，置有直立天線二根，彼此同樣，互成諧振。A 為發射天線，接至發報機，B 為反射天線，與 A 相距，適為四分之一波長（ λ ）。B 因 A 之電波，產生振盪，亦行發射，故距 A 之某地，同時可得兩種電波，一則來自 A，一則來自 B。二波異相，發生干擾，或則相加而電訊增強，或則相較而電訊減弱，甚至



第二百五十五圖

為零。故取各種方向，于 A B 之四周，距 B 相等之各地，測得無線電場強度，繪成曲線，可如圖中之 C。按圖細察，B A 方向，電能最大，比較無 B 之時，計增一倍。A B 方向，電能為零。推究其理，則因 A B 相距，適為四分之一波長，故電波自 A 抵 B，相角之差滯後 90 度，由電波而為感應電壓，再須滯後 90 度；變成電流，再行發射，又須滯後 90 度。發射之後，自 B 而 A，亦須滯後 90 度。前後總計，由 B 反射之電波，與自 A 發射之電波，相角之差，適成 360 度，故二波之自 B 而向右推進者，彼此同相而相加，遂使電訊之強度加倍。又電波自 A 而 B，已滯後 90 度，因 B 之感應，而再發射者，已滯後 270 度，故自 B 向左推進之二波，相角之差，適為 180 度，彼此反相而相減，遂使電訊之強度為零。苟依前理，作圖解釋，更易明瞭。第二百五十六圖中，A 為第一根天線，B 為第二根天線，彼此相距適為 $\lambda/4$ 。自 A 發射之電波，以 A A' 正弦曲線為代表，且視為標準。因抵 B 之後，再自 B 發射，適與 A A' 為同相，故 B B' 正弦曲線，必可代表電波之向右推進。

者彼此相加，得曲線 C，預定方向內，電訊加強。又因 A A' 之在 B 之左邊者，適與自 B 發射者為異相，以 A' A 曲線為標準，則 B' B 曲線，必可代表第二電波彼此相消，適成零值。總之，電波前進的，圖線靜止的，欲求澈底清楚，尤須冥想默索，視靜如動，庶乎近之。



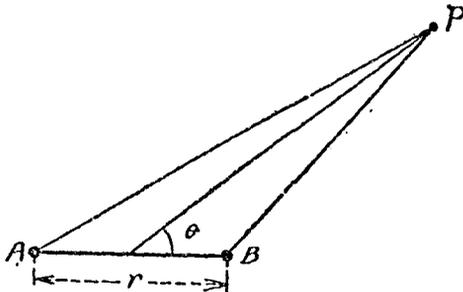
第 二 百 五 十 六 圖

集上述之許多發射天線與反射天線，可以組成一座定向天線。凡一座定向天線中，天線之根數愈多者，定向之效率愈著，是即於定向之內，夾角愈小，發射電能，愈為集中也。最初定向天線之建為商用者，反射天線，排列于拋物線曲面之內，與地面成直角，發射天線之接至發報機者，置于拋物線之焦點，其情形如第 114 節第一百十二圖 G。最近則改良設計，將許多發射天線，裝置于同一垂直面內，發射電能，均由一機供給，與前述之垂直面，相距 $\frac{1}{4}$ 波長處，又有一垂直面，前後平行，反射天線，裝置其上。另建一對鐵塔，以支持此二組天線。於是電能發射，集中于發射天線組之前面，不達于反射天線組之後面。即于發射天線組之前面，所定向之夾角，能縮至 8 度，英國鮑爾 (Bolmin) 市之定向電台，即其一例。每根反射與發射天線，同樣之外，又相諧振，其導線之長，普通為一波長，間有

為一波長之分數者。

233 干擾法之定向發射

除用反射天線，以成定向發射之外，尚有所謂干涉法焉。干涉法與反射法，原理上無甚差別，所不同者僅在應用而已。于反射法，乃發射天線與反射天線之二種電波，彼此干擾，以成定向。于干擾法，用同樣之發射天線，建于一地，相距若干碼，各以獨立之發報機，輸接電能，發射電波。因此等電波之彼此干擾，得於某方向之某處，接得電訊最強，以成定向發射。例如第二百五十七圖，A B 二點，相



第二百五十七圖

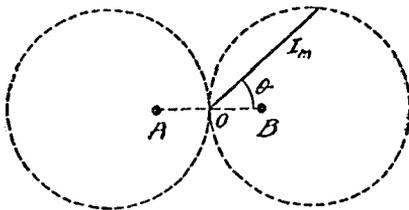
距 λ 單位，各建直立天線一根，各用不同之發報機輸電。于 P 點接得之電訊強度，必為 A B 二電波之和數。倘二波同相，電訊強度即加倍，反相則電訊為零。二者相角之差數，如 θ 為定值，則視 A B 二天線上，電流之相角差及 A P 與 B P 之較數而定。配合得法，必可使 P 處所得之電訊加強。

234 線圈天線之定向性

廣義言之，任何天線之結構，四周不勻稱者，即不能于不同之方向，發射等強之電能。換言之，即有定向性。故于第 114 節中，述及倒 L 式，在水平部分之反對方向，得發射較大電能者，即其例也。天線之發射電能，與熱體之發射熱能，實相類似。凡熱體之面，或黑色

者，散熱較快，吸熱亦然，故某種天線，于某種方向，發射電能較多者，即于此方向，必可接收電能較多，應用線圈天線，接收某台之電訊，必於某方向，收音較強之說，已一再論及，反言之，藉線圈天線，以發射電能，亦必有定向性矣，線圈天線，可分兩部，一為直立之兩邊，一為水平之兩邊，彼電能之自水平兩邊發射者，易被地面吸收，不生效率，自直立兩邊發射者，左右分進，不異常態，且與第二百五十七圖中，所示之A B 二天線，更無差別，惟高週率電流，于線圈天線中通行，左右二邊流向相反，是即於第二百五十七圖中，A B 二天線上，電流反相之情形毫無二致，故其定向之理，自可以前節所述，為之引伸。

如第二百五十八圖，A B 二點，代表線圈天線之直立兩邊，A



B 虛線，代表其水平之邊，O 為水平邊之中點，以 O 為心，于等距之各處，取不同方向，測量自線圈天線所發射之電訊強度，

第二百五十八圖

圖中所示之 8 字曲線，是即所

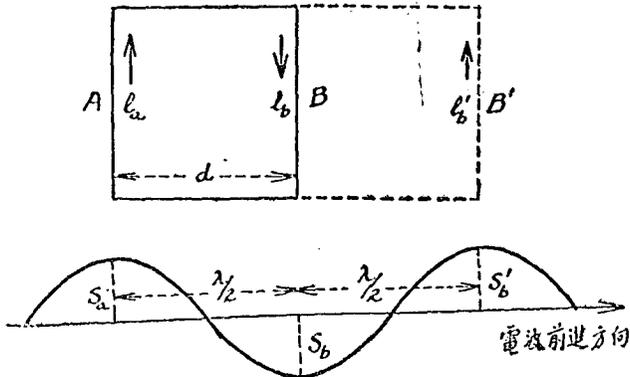
謂線圈天線之 8 字圖也， I_m 與 θ 角為方向時，所接之電訊強度，成比例，亦即與 θ 角為方向時，所發射之電能多少可成比例，而 I_m 隨 θ 角之不同，發生變值，當 θ 為零度或 180 度時， I_m 為最大，為 90 度或 270 度時， I_m 為零值，換言之，於一方向，發射電訊最強，垂直于此方向者，為最弱定向之理，不喻而明。

以線圈天線，接收電訊，實驗結果，有定向性，因接收時之定向性，斷定發射時，亦有定向性，如前所述，證明不謬，今伸言之，以明線圈天線用于接收時，有定向之理。

電波發射計有兩種，一為垂直面內之電力線波，一為水平面內之磁力線波，簡捷起見，電力線波姑置不論，僅就磁力線波而言

之根據磁電感應之理，荷磁力線方向變值之時垂直于某線圈之平面者，某線圈上即得感應電流，平行於某線圈之平面者，某線圈上即無感應電流。故以某線圈之平面，與電波前進之方向，相平行時，接得電訊最強，相垂直時，嚴格言之，應無電訊可聞。惟實驗結果，間有極微之電訊可聞者，因磁力線方向改變之時，與線圈之面，並未絕對平行，其中必有垂直之部，即屬微小，已足使線圈得感應電流，發生微弱之音，一強一弱，遂成其定向性。

分析言之，線圈天線受無線電波之感應，事實上，決不似前述之簡單。如第二百五十八圖 A，A B 代表線圈之直立兩邊，下面正弦曲線，代表無線電波，其前進方向，與 A B 之面平行，其縱軸之值， S_a 等，為電訊強度，倘 d 之距離，適為整，則感應電壓 e_a 及 e_b 與 S_a 及 S_b 成比例者，同相相加，A B 間之電位差最大，荷以 d 引長，置 B 於 B'，使 D 與入相等，如是 e_a 及 e_b' ，等值之外，又成反相，彼此相較，A B 間之電位差為零。普通 d 值大小，恆不及半波長遠甚，所得電訊，即



第二百五十八圖 A

不為絕對的最大，却成相對的較強。即如 d 之短於 λ 入者， e_a, e_b 有時雖成反相，但異值之時居多。A B 間仍有電位差。倘電波前進之方向，與 A B 之面成垂直，如是 e_a, e_b ，恆為等值，恆為反相，A B 之間，

亦無電位差矣。

235 定向儀 (Radio Compass)。

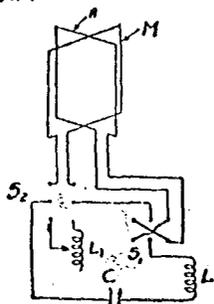
無線電定向儀者，用以測定電波之方向及發電台之地位者也，凡海艦或飛行機等裝有定向儀者，即可自外來電波之方向及發報台之地位而推知其自身之地位，於是海空航行得免危險，蓋能依指定之方向而航行也，外來電波大都由海岸或航空站發出，是曰無線電指向台 (Radio Beacon) 茲分舉三法，藉明其大概：

a. 單座線圈法

根據前述，用線圈天線，以接收電訊，有定向性，故線圈天線必為定向儀之主要部分，其製造之法，即於線圈轉軸裝以指針，針之下面，附有圓盤刻成三百六十度，電波方向，得視指針所指之度數而測定之，測定時恆用電訊之零度，不用其最強度，因零度則清晰易得，最強度則糊糝難辨也。

b. 魯濱生法 (The Robinson System)

接法如第二百五十八圖 B，圖中 L 及 L₁ 為單層柱形線圈，L₁ 之自感量與 M 之自感量相等，L 與收報機之配諧電路有交連，運用此定向儀時，先將 S₁ 關至左邊，S₂ 關至上邊，旋轉 M 及 A，至所接



C = 變壓電容器 (0.0001uf)

S₁, S₂ = 雙極雙開關

A = 補助線圈天線，四呎方，共有 33 轉，與 M 裝在同軸且彼此互相垂直。

M = 主要線圈天線，四呎方，共有 12 轉。

第二百五十八圖 B

電訊最強而止，乃以 S₂ 關至下面，若收報機內，仍有電訊可聞，則 A 與電波有作用，並非彼此垂直，易言之，電波方向，尚未與 M 並行，再

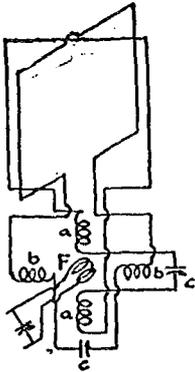
將 S_2 關至上邊，慢慢旋轉 M 及 A ，同時以 S_1 左右開關之，若 A 能接收電訊時，則 S_1 之一左一右，得使收報機聽筒內電訊或強或弱，至 S_1 之或左或右，與電訊成管度，無關係時，電波之方向與 A 直垂，與 M 並行。

c. 裴林泥法 (Bellini Tosi System)

接法如第二百五十八圖 C，圖中 $A B$ 為二座線圈天線成長方形，亦有成三角形者，僅有一轉，彼此平面，互相垂直，又有柱形線圈 aa 與 bb ， aa 與 A 串聯，並在同一平面內， bb 與 B 串聯，亦在同一平面內，故 aa 與 bb ，彼此亦相互垂直，中間有較小線圈 F ，接至收報機，得在水平面內，隨意旋轉，裝有指針與圓尺，設電波方向，與 A 在同一平面時， B 無接收效能， F 轉至與 aa 同向之度數，得接最

強電訊，故此時 F 與電波，亦成同向，設電波取任何方向，對 $A B$ 均生效能時， aa 與 bb 均生磁場，其總磁場之方向，因 aa 與 bb 之位置關係，恆與電波方向垂直，待 F 轉至電訊最強位置時，電波方向，亦得測定。

總之，裴林泥法，使用方便，宜於陸地用，魯濱生法，得不受外界雜聲之擾亂，合於飛機用，單座線圈法，結構輕便，成本低廉，適用於任何移動電台。

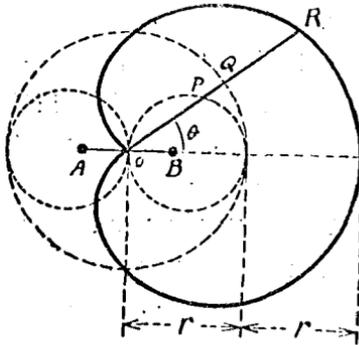


第二百五十八圖 C

236 電波來向之測定

電波方向，固可用上述之任何一法，得以決定。惟於某種方向，接收電訊最強之後，轉動線圈一百八十度，仍為最強。故電台之位置，可於線圈之左面，又可於線圈之右面，左右之間，欲加分辨，非尋別法，無以濟事。法於天線圈之外，再建不定向之直立天線一根，二種天線，巧為排列，使彼此所得之感應電流，有時同相相加，有時反

相相減，又爲單簡起見，假設直立天線所得之感應電流，與線圈天線所得之最大感應電流相等，並以 γ 代表之，則第二百五十八圖 D 中，橫 8 字形，必可代表線圈天線，旋轉三百六十度時，所得電訊強度之圖解，外切圓周，以 γ 爲半徑者，必可代表直立天線，所得電訊強度之圖解，因無方向性也，又電波來向，設爲 B A，即電台在 B 點之右方，則當 θ 角爲零度時，二種電流相加，電訊最強，爲 θ 度時，



第二百五十八圖 D

OR 爲 OP 與 OQ 之和數，因 OP 減少，OR 亦如之。當 θ 爲九十度時，OP 爲零，OR 與 γ 相等。當大於九十度時，A B 上之電流易向，與 O 上之電流，反相相減，OR 減縮，至於外切圓之內部，至一百八十度而成零值。當 θ 角轉全三百六十度時，可得雞心曲線 (Cardioid) 如圖中實線所示，如是一則最強，一則零值，左右之別，判若天淵。有時直立天線，與線圈天線，所得電流，並未等值，相加以後，R 曲線，當不能如第二百五十八圖 D 之整齊，但左右對稱，決可打破，既不對稱，左右之間，自易判斷。

236a 定向之差誤

應用任何儀器，測定任何物理量 (Physical Quantity)，精細言之，恒有差誤，故就前述之三法，測定電波之方向，亦有差誤，此種差誤，有屬於儀器本身者，有屬於儀器本身以外者，前者稱曰內部差誤 (Internal Error)，後者稱曰外部差誤 (External Error)。就單座線圈法言之，內部差誤之第一種，則爲儀器各部之接線，在線圈之任何地位，均能接收電能，有時此種電能，與自線圈接收者相較，不爲微小，不可忽略，因此於線圈 8 字圖上，最弱或零值之角度，接收

機內，亦有電訊可聞，為避免此種差誤，除將接收機之各部，置於金屬接地之箱子以外，各種接線亦置於同樣之金屬管中，如是鄰近電極，得以隔離，不致受感應，亦能免去矣。其第二種，則為線圈天線之兩端，接至第一座真空管時，必與一電容器並聯，而電容器之一端，接至柵極，他端接至燈絲，與之串聯者，尚有 A 氫電池等，如是前者與大地所成之電容量為小，後者與大地所成之電容量為大，一小一大，故自線圈而大地之電流不等，因於並聯電容器之二端，得電位差，此種電位差，得使 8 字圖形改變，其接收最強之二點，相差之角，不為一百八十度，補救之法，得用電容量不大之變量電容器，接於柵極與大地間，使原來之電容量加大以後，免除電流之不等，其他各種內部差誤之足以改變 8 字圖形與鷄心曲線者，尚有下列幾端：——

1. 直立天線之電流與線圈天線之電流或為同相或為異相。
2. 線圈天線之構造不適當，或排列不合法。
3. 二座線圈天線，未必確切垂直，未能完全同樣。
4. 線圈天線與鄰近物體之磁感或電容交連。
5. 接收機內部線圈之交連失度。

類別繁多，分析不易，均應於施用之初，設法試驗，一一校正之。

外部差誤之第一種，則為具有永久性者，普通言之，鄰近之電性紛擾，最足使電波改相，自定向儀接收，必將發生差誤，例如定向儀之近處，建有天線一座，同時與外來電波諧振，如是定向儀所接收者，有兩種電波，同時發生效率，故定向儀所測定之方向，必不能代表原來電波之方向，差誤遂成，欲免此患，當以天線之諧振改變高大樹木，無異於不諧振之天線，苟與定向儀相近，所受影響，無異上述，故定向儀之位置，最少當距樹木，一二百碼，以避免之，架空之電話，電報，及電力諸線，影響所及，必多差誤，故定向儀，更應遠離之，金屬片之近於接收機者，亦受電波感應，產生電流，所得電訊，因而

變換，所測方向，當含差誤矣。海艦外殼，都為鐵製，恆隨電波方向，與船軸之夾角，對定向儀，發生不同之差誤。其他因天氣之晴雨，對定向儀發生差誤者，尚有船桅、煙囪、篷布等物。故定向儀之地位，慎為選擇排列以外，差誤曲線之因上述種種而組成者，更當預為繪定，以備應用時之校正。若于斐林泥法，則可調整一線圈之常數，使與差誤打消，如是校正曲線，亦得免除。

海水之良導性，遠勝於高燥之大陸。電波如日光然，具有反射性。倘電波經過良導性不同之二物，反射作用，即易發生，且以波長之愈短於1000公尺者為愈著。電波既有反射，方向自難測定，即測定矣，其中差誤實所難免。故海岸相近之定向儀，對於此點，極應注意，恆用已知指向台，先行測定差誤之數。根據實驗，此種差誤，近於定值，平均言之，恆在二三度間。

外部差誤之第二種，則為具有變化性者。例如發電台與定向儀之距離，黑夜之中，相隔增遠，則測得方向，發見極大與極速之變化。大概此種變化，於陸地上試驗，相隔十五哩，即可發見，於海面上，則為九十哩。發見之初，定向儀上，所得電訊最弱之地位，清晰易別者，逐漸模糊，若距離再增，即由模糊而變為難定，再增之，所測方向，差至幾度以上。此種現象，白晝之中，不常發覺，太陽一落，即行開始，至黑夜最盛，抵日出而後止。有時變化極速，一秒之內，數度之差；有時變化遲緩，僅覺定向儀上，電訊最弱之地位，慢慢移動而已。

倘發電台波長，忽然改變，定向儀上，即得不同之方向。惟據實驗結果，凡電訊傳遞，應用換波法（參考第131節）者，二種波長，在定向儀上，所成差誤，適成相反，例如一為太多，即一為太少，多少平均，近於無誤。日間晚上，所得許多平均度之方向，可以相等。若就一夜言，二十度之差誤，時常發見，有時可有四十度，甚至六十度。

上述種種變化差誤，恆發見於長距離內。倘發電台與定向儀之距離，小於九十或八十哩者，即可避免海洋航行，船舶方向八十

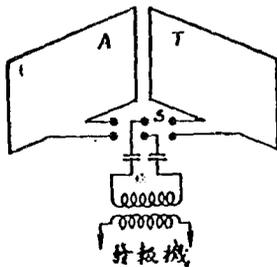
理內，需要測定，遂無變化差誤，故定向儀在航海之上價值，仍不減色。

236b 無線電指向台 (Radio Beacon)

如前所述，指向台與定向儀，效用上適處相對地位，其應具條件，約言之有二：——

1. 須於定距離內發訊可據。
2. 指向台電訊，應極易接收。

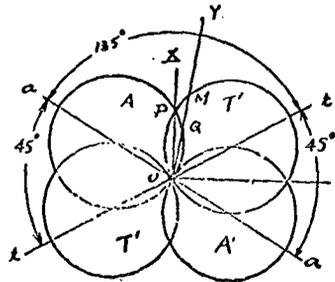
茲舉一例之用于航空者，藉明其效用所在，電路接法如第二百五十八圖 E。圖中 A T 為二座線圈天線，裝於同軸，交角成 135° 。電訊發射時，有時藉 A，有時藉 T，交換時間，恆為定值。A, T 發射電能之強度，對任何方向言，亦成 8 字形，如第二百五十八圖 F 之 A' A' 與 T' T'。A' A' 與 A 相當，以 aa 為軸，T' T' 與 T 相當，以 tt 為軸，設飛機沿 OX 方向飛行時，對 A T 發射之電能，用定向儀接收，可得等



E

第二百五十八圖

F



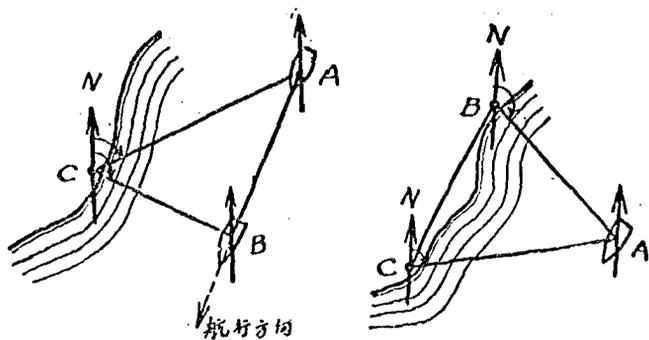
強電訊，蓋其發射者均為 OP，接收者必當與 OP 成正比也。如是即於濃霧惡劣之天氣，亦得依定向飛行。若沿 OY 飛行，則自 A 接得者與 OQ 成比例，自 T 接得者與 OM 成比例，所聞電訊，彼此不等。飛行者即當改變方向，以求相等，蓋相等者，為指定之向也。

236c 無線電測量 (Radio Surveying)

收報之處，有時急需測定發報台之位置，與其本身位置之關

係關係一定，則收報處之地位與發報台之地位，即得互相確定。至測定關係之法，如用定向儀爲之，殊見方便，是曰無線電測量。茲舉二例，以明其概。

如第二百五十八圖 G，設 C 爲海岸收報之處，裝有定向儀，A 爲海中之船，於某時停在 A 點，AC 先行通報，C 處藉定向儀，自 A 來之電波，測定 $\angle NCA$ 角，A 取定向駛行，經過若干時而達於 B，自 C 可測定 $\angle NCB$ 角，A 之速率，爲已知值，方向又一定，以 A 至 B 之時間，乘 A 船之速率，AB 之距離可定，以已定之二角，通知 A 船，A 船得依航行之方向，即航向與子午線之交角，推定 $\angle CAB$ 角與 $\angle ABC$ 角。如是三角形 ABC 內有一邊與二角爲已知，AC 與 BC 二邊，即易推算矣。



G 第二百五十八圖 H

又如第二百五十八圖 H，A 在海中，岸上欲知其地位，乃於 B、C 二處，同時用定向儀，自 A 來之電波，測定 $\angle NBA$ 角及 $\angle NCA$ 角，BC 距離爲已知值，AB 與 AC 之距離即得推算。

上述二例，於短距離內，測定地位，絕無困難，並能正確。若至長距離後，地面彎曲，情形複雜，連接兩地之線，不得視作直線測量，誤差極易發生，當參照大地測量學，設法校正之。

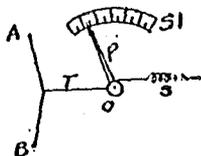
第十三章 無線電儀器

237. 測量儀器

電爲無形，測驗不易，非藉其發生之現象，爲測驗之基礎不可。電之最著現象有三：一曰生熱，二曰生磁，三曰化學變化。此三種現象之或著或否，全視電流之或多或少爲斷。電流大者則顯著，反之則否。研究無線電者，所用測電儀器，均根據於生熱生磁之理。普通交流、直流安培表或電壓表等，利用電磁現象者居多數。無線電流，因週率極高，不能直接利用電磁現象，其常用者爲生熱現象，所謂熱電安培表是也。熱電安培表又分二類：一曰熱絲安培表 (Hot Wire Ammeter)，二曰熱絲交連安培表 (Thermo Couple Ammeter)。茲分述之。

238. 熱絲安培表

熱絲安培表，乃利用熱絲受熱伸長，及失熱縮短之理。第二百五十九圖即指示其原理所在。當無線電流經過 AB 熱絲時，熱絲



- | | |
|--------|--------|
| AB: 熱絲 | S: 彈簧 |
| T: 絲線 | O: 轉軸 |
| P: 指針 | SI: 圓尺 |

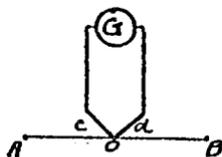
第二百五十九圖

耗阻極大，因 PR 所生之熱量，爲之伸長，於是絲線寬，S 向右收縮，使 O 轉動，由 O 之動而 P 動，P 在 SI 上所指度數，即爲 AB 上無線

電流之安培數。電流斷，熱量失，AB 回復原狀。將 S 向左拉動，P 亦還至零安培之位置。

239. 熱絲交連安培表

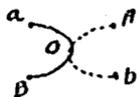
以二種不同之金屬絲，一端彼此相接，加之以熱，則其他不相接之兩端，發生直流電壓。其值雖微，得用精細測電表以測量之。熱絲交連安培表，即基於是理。如第二百六十圖，當無線電流經過 AB



AB: 熱絲 G: 精細測電表
c: 銅絲 d: 德國銀 (Constantan)

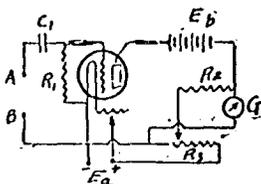
第 二 百 六 十 圖

時，AB 發熱，o 與 d 之接端 o 亦受熱，產生電壓，G 上指針移動。熱量多少，與電流之平方成正比。電壓之大小與熱量近於正比。故 G 上指針所指之度數，約為電流之平方。因此 G 上圓尺，度數不勻，左邊密而右邊疎。



熱絲交連安培表之裝置，又有如第二百六十一圖者。Ab 與 aB 交叉相接於 O。AB 二點接至無線電流之來源。O 點受熱，在 ab 兩端產生電壓，接至兆分安培表或電壓表而量其大

無線電中，週率高，電壓低，欲量此種高週率低電壓，非尋常交流伏脫表所能量度。試驗室中恆用三極管伏脫表以量度之。蓋三極管有放大作用，其放大能力不因週率之高下而異。故欲量之電壓雖低，得由三極管放大後，而量度之。其接法如第二百六十二圖。



C_1 ：定值電容器其電容量可自 0.001 μ f 而至 20 μ f 須視週率大小而定

$R_1 = 19$ 兆歐姆

$G =$ 測電表

$R_2 = 2000$ 歐姆

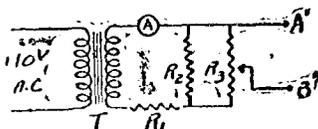
$R_3 = 400$ 歐姆

$V = UX201A$

$E_b = 22.5-135$ 伏脫

第 二 百 六 十 二 圖

應用此種伏脫表時，先將應有之 E_a, E_b 接上，調節 R_3 上之滑接，使 G 之記數為零。於是將 A, B 接至欲量之電壓，電壓大小，可視 G 中記數大小而定。另有校核曲線 (Calibration Curve)，示 G 中記數與電壓之關係。 G 電路中，最好裝以電鎗，以防電流過大之危險。至三極管伏脫表之校核法，如第二百六十三圖。



T ：下階變壓器

A ：交流安培表

R_1 ：變量精阻器

R_2 ：1.0 歐姆

R_3 ：變量精阻器 (自 0-1000 歐姆)

第 二 百 六 十 三 圖

應用第二百六十三圖時，先將 R_1 調節，使 A 中記數為一安培或小於一安培，以 A', B' 接至第二百六十二圖上之 A, B, 將 R_3 上之滑接移動，即可得許多校核值，倘校核時，用已知傳遞單位之成音週率電能，則第二百六十二圖即成音度表。

例題 如第二百六十三圖，A 中記數為一安培， R_3 上滑接，所指之耗阻為 100 歐姆，問此時三極管伏脫表所量之伏脫為若干？

(解) 設 R_2 上之電流為 i_2 , R_3 上之電流為 i_3

$$\text{則 } i_2 R_2 = i_3 R_3$$

$$\therefore \frac{i_3}{i_2} = \frac{R_2}{R_3} = 0.001$$

$$\text{但 } i_3 + i_2 = 1 \quad \therefore i_2 = 1 - i_3$$

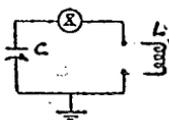
$$\therefore i_3 = 0.001(1 - i_3)$$

$$\therefore i_3 = 0.001/1.001$$

$$\text{故三極管伏脫表所量之伏脫} = 100i_3 = 0.1$$

241. 波長表(Wave Meter)

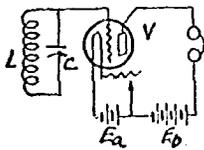
無線電波長短，固視振盪電路中 L, C 之數值而定。然因接線及其他四鄰機件之影響，電波長短，大有參差，非藉一種可靠儀器，實地測量之，無從告人以長短。所謂可靠儀器者，即波長表是也。波長表組織之最簡單者，如第二百六十四圖。圖中 C 為變量空氣電容器，L 為線圈，X 為熱絲測電表。C 置於木箱內，箱子裏面應裝銅片或鋁片，以電容器轉片與之相接，如圖中接地之記號。O 上裝一微分盤。應用時，所得波長較為準確。L 與 X 裝於木箱外面，於 X 不用熱絲測電表，而用極小電燈炮亦可。應用波



第二百六十四圖

長表時，可將 L 向振盪器移近，同時調節微分盤。當波長表波長與振盪器波長相等時， X 中之記數必最大或最亮。自微分盤度數，及波長表校核曲線，測知振盪器波長。至波長表校核法參考第十四章實驗二。若波長表之，用以測量短波者， L, C 之配合，可參考第十章第 206 節。應用波長表時，切不可使 L 移至振盪器太近，太近時，配諧不銳，波長不準，且波長表對振盪器諧振時，吸收電能最多，有時得將 X 損壞。

無相當 X 而以波長表如第二百六十五圖之接法，應用時，亦殊見方便。應用第二百六十五圖之波長表時，波長表與柵極之接線應極短，當波長表與振盪器諧振時，聽筒內，聞破裂聲。

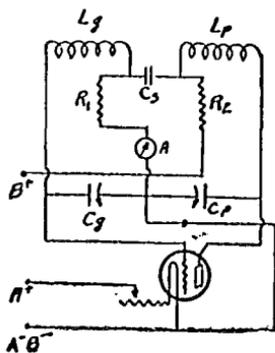


第二百六十五圖

校核等幅波接收機之波長時，可將接收機調節，使之振盪，而後以波長表向接收機移動，並調節 C 上微分盤，當彼此近於諧振時，接收機聽筒內聞破裂聲。（設此時微分盤之度數為 C_1 ）蓋接收機一部分振盪電能，為波長表吸收，停止振盪，將波長表之 C 繼續調節，又聞破裂聲。（設此時微分盤之度數為 C_2 ）此時彼此不成諧振，接收機又生振盪，如將波長表漸漸離開接收機，則 C_1 與 C_2 之相差漸小，至相差二三度時，則接收機之真正波長，必與微分盤上度數，為 $1/2 (C_1 + C_2)$ 時之波長相等。

242. 振盪波長表

試驗室中最屬需要者為振盪波長表，此表波長，已經校核，繪有校核曲線。關於天線之耗阻，自感量電容量及各種線圈與電容器等之測驗，應用此表，殊見方便，其接法如第二百六十六圖。



C_s : 定量電容器 (6000 μ f)

R_1 : 標碼 (5000 Ω)

R_2 : 500 Ω

A: 千分安培表 (0-5ma)

C_g, C_p : 變量電容器 (0-350 μ f)

第二百六十六圖

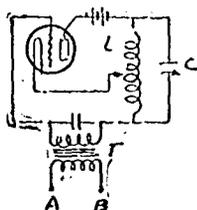
三極管之用 UX199, 201A, 或 210 當視所需電工率之大小而定。 L_g 與 L_p 可繞在同一膠木管上，膠木管之直徑為三吋，長約四吋半，其轉數相同，應有轉數，可參照下表：

波長(米突)	轉數	雙層棉包線之號數
12-32	2	第 16 號
25-67	5	第 16 號
54-150	13	第 16 號
135-370	33	第 22 號
310-800	74	第 22 號

當此表與表外電路諧振時，A 中記數，降至最小，諧振點明而易得，用者甚廣。

243. 調幅振盪器

小規模振盪器之產生調幅波者為蜂音振盪器。其接法及解釋詳於第四章第77節。但蜂音器之構造不良者，音調不一，強弱不勻。有時於實驗室中不甚適用。如用一座真空管為調幅振盪器，上述弊病，即可免除。其接法如第二百六十七圖。或變更接法如第二



L: 振盪電路

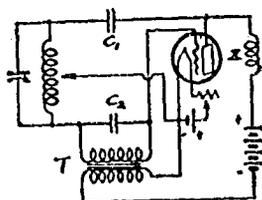
C₁: 枝路電容器 (0.001 μf)

T: 調幅變壓器

AB 接至音叉振盪器，其週率為 1000。

第二百六十七圖

百六十八圖亦能得調幅振盪流。圖中 T 之變壓率較小，則結果較善，如為 1:2 或 1:1 則更善。



X: 高週率斷流圈

T: 成音週率變壓器

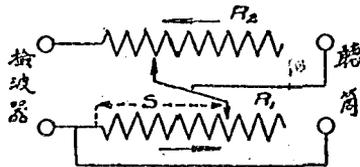
C₁: 0.001 μf

C₂: 0.01 μf

第二百六十八圖

244. 成音度表 (Audibility Meter)

比較音度高低,最好用音度表,惟音度表設計複雜,校核不易。普通於實驗室中,比較放大器或收音機之效率時,恆用成音度表,使用方便,即不能得極正確之結果,然亦能得兩者之比較值。其內部組織如二百六十九圖, R_1 與 R_2 為不含自感量之變量耗阻,當



第 二 百 六 十 九 圖

如矢示之方向而減小時, R_1 適如矢示之方向而增加,減小與增加者恆相等,故檢波器電路內之耗阻不變,音流亦能不變,惟與聽筒並聯之耗阻 (S) 加大,電壓降大,聞較大之聲,反之聞聲較小,此表面,刻有成音度比例數 (K),依 (146) 式計算, R_1 與 R_2 之滑接,裝於同一頂子 (knob), 故調節時殊為方便。

設自檢波器輸入之音流為 i_D , 通過 S 者為 i_S , 聽筒者為 i_T , 則

$$i_D = i_S + i_T \quad i_S S = i_T T$$

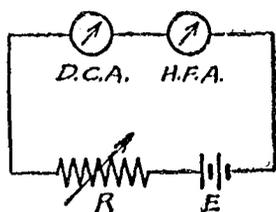
$$\therefore i_D = i_T \left(1 + \frac{T}{S} \right) = i_T \frac{S+T}{S}$$

$$\therefore K = \frac{i_D}{i_T} = \frac{S+T}{S} \dots\dots\dots (146)$$

245. 熱絲安培表或熱絲交連安培表之校核

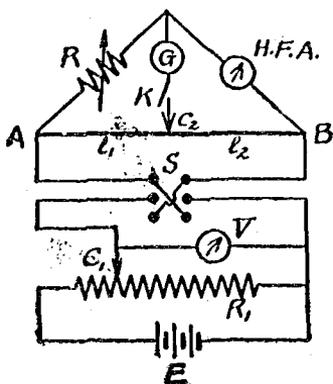
熱絲安培表與熱絲交連安培表,作用之理,已如第 238 節及第 239 節略述,此種安培表,在無線電機,居有重要地位,苟於測定效率或輸出之時,非持上述安培表,正確記錄效率與輸出,即覺無

從測定，況此種安培表，原理簡易，構造不難，所難者，即於自行製成之後，接至極靈敏之測電表，將如何決定其記錄之數，確為若干安培值，故校核法尚焉。校核法中，最粗淺者，可如第二百七十圖所示。圖中 D.C.A. 為直流安培表，H.F.A. 為熱絲安培表，簡稱曰 高週率



第 二 百 七 十 圖

安培表二表所記安培值之大小，彼此應相等。R 為變量耗阻器，其載荷電流之量，應超過安培表所記最大值之二倍或二倍以上，其他相等，甚至較小者，不切于用。E 為乾電池或蓄電池，其電壓約為 3 伏脫，或至六 6 伏脫。因兩表串聯，所記之值，彼此均等，以相等者錄出，即成校核。此種校核，嚴格言之，殊屬不當。實驗結果，亦復如此。蓋高週率安培表，必於高週率電路內應用，週率一高，表內熱絲，即有集屑現象，有效耗阻改變，熱量亦變（熱量與有效耗阻成正比），熱電壓不同，測電表內之紀錄，即不能視為正確。況電流大，熱量增，有效耗阻，亦易增加乎。故正確電流之值，應自有效耗阻而決定之。如是有效耗阻，即有變換，而電流紀錄隨之同變，所記者，當屬正確無誤矣。其法如第二百七十一圖。



H.F.A. : 高週率安培表

R : 變器耗阻器 (0-10Ω)
電流之較量應為 H.F.A.
最大值之幾倍

A.B. : 米突橋 (Meter Bridge) 上
之游標

K : 開關 S: 雙極雙閉開

R₁ : 變器耗阻器 (0-1000=)
電流之較量應與 R 同

E : 電池 (0-3 伏脫)

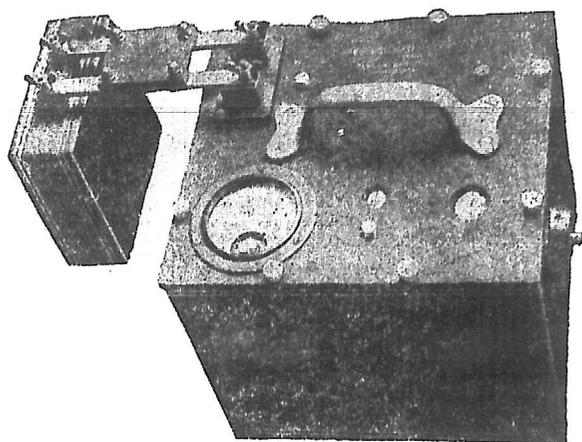
V : 伏脫表 (0-5 伏脫)

第 二 百 七 十 一 圖

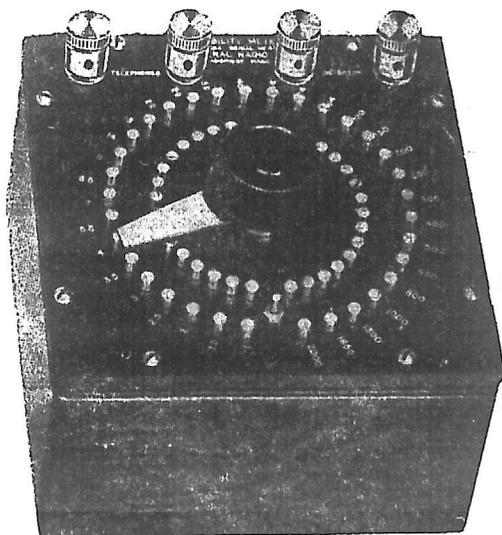
運用之法，關上 S，移動 C₁，使 H.F.A. 之指針，指於某值。變換 R，移動 C₂，關上 K，如 G 無電流之表示，則米突橋，已抵平衡。乃自 $R_A = \frac{l_2}{l_1} R$ 式，計算 R_A，R_A 為 H.F.A. 之有效耗阻。再自 $I = V / (R_A + R)$ 式，計算 I，I 為 H.F.A. 此時正確之電流值。因 R 之變換，H.F.A. 中記數，容有變更，欲其不變，同時可將 C₁ 略為移動。根據前法，可將 H.F.A. 上之各種記數，妥為校核。惟逐一校核時，H.F.A. 上之記數，應均勻隔開，所得校核曲線，方可正確。又 C₂ 所在，應近 AB 之中，即 l₁ 與 l₂ 相等，如是米突橋差誤，亦可減至最小。S 為變換電流流向而裝置，故實驗時，應上下開關，各為一次，以求 R_A 之平均值。R_A 成值不大，各點接線，均當妥善，耗阻減至最小，以免意外差誤。

習題

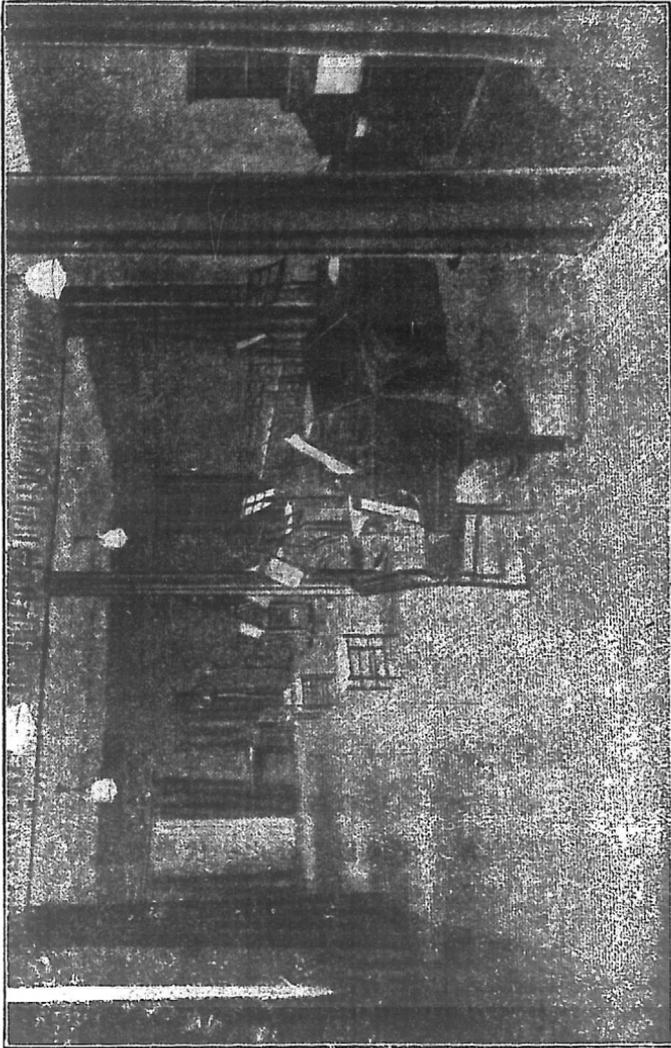
1. 試設計一法,以校核熱絲安培表。
2. 如前題校核所得者為安培數,用以最高週率電流時,是否可以代表其有效值,試言其故?
3. 普通熱絲交流安培表,接有測電表,如前者燒壞後,後者是否同時燒壞?試述此種安培表燒壞後之利用方法。
4. 如欲量之高週率安培數為10,所有安培表之最大記數僅為500 m. a., 試設計一法,以達測量之目的。
5. 枝路電容器,能將一部分電流,劈成歧路,使之流去,設與安培表串聯之電容量為200 μf , 安培表中記數為400 m. a. 與前述電路並聯之電容量為800 μf , 問通過800 μf 之電流為若干?
6. 如第二百六十三圖,將 R_3 撤去,惟 R_2 上裝有接柱,使 R_2 等分為10段,問三極管伏脫表校核時,最小伏脫數為何,設A中記數為100 m. a.?
7. 如何利用三極管伏脫表以量某線圈之耗阻?設其自感量,電流與週率等均為已知值。
8. 如第二百六十五圖,當LO諧振時,何故聞破裂聲?
9. 應用振盪波長表時,何故A中記數最少,方為諧振?
10. 某船應用定向儀時,於三百碼內之一船,亦在應用定向儀,問二船定向時,彼此能否發生差誤?



正 確 波 長 表



成 音 度 表

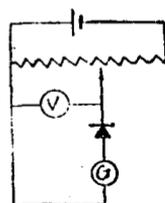


播 音 台 播 音 室 之 內 容

第十四章 無線電實驗

實 驗 一

- | | |
|-------|--|
| 1. 名稱 | 晶體檢波器之直流特性曲線 |
| 2. 目的 | 晶體檢波器直流特性曲線之研究 |
| 3. 儀器 | 1. 晶體檢波器
1. 靈敏測電表或兆分安培表(0-100 μ a)
1. 變量耗阻器(0-1000 歐姆)
1. 直流伏脫表(0-3 伏脫)
1. 乾電池 |
| 4. 方法 | 1 將各機件如下圖聯接之: |



於G之記數太大時,得用一萬歐姆耗阻與之串聯或用分流器(Shunt)與之並聯。

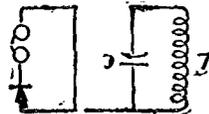
2. 將晶體接觸點,善為調節,至其最靈敏處而止。
 3. 將接於晶體檢波器電壓,自正一伏脫起至負一伏脫止,每次變換,以十分之一伏脫為度,每變換一次,須將V及G中之記數記下。
 4. 將晶體接觸點,再行調節,至其最不敏感處而止。
 5. 如第4法再行實驗之。
5. 結果 將第3, 第5法中,所得各組V, G記數繪二根特性曲線,其情形可參考第135節。
6. 問題 1. 試就晶體檢波器之特性曲線,說明其所以能檢波

之理。

2. 如何可知晶體接觸點為最靈敏或最不靈敏?
3. 理想中之特性曲線應如何?
4. 於實驗中,直接發現之晶體檢波器弱點為何?

實 驗 二

- | | |
|-------|---|
| 1. 名稱 | 波長表之校核 |
| 2. 目的 | 用比較法測定波長表之校核曲線 |
| 3. 原理 | 參考第十三章第 241 及 242 節 |
| 4. 儀器 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 標準波長表之用蜂音器以產生減幅波者,其波長約自 200 米突至 1500 米突。 1. 標準振盪波長表(200—1500m) 1. 變量電容器(0—500 μf) 1. 單層柱形線圈(100 轉;直徑為 3.5 吋) 1. 晶體檢波器 1. 聽筒 |
| 5. 方法 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 將變量電容器及單層柱形線圈,組成一波長表,其接法如下圖,二者接線愈短愈妙。 |



2. 使蜂音器發音合度後,將 C 之轉盤,轉至零度,再以 OL 置於標準波長表近旁,於是變換標準波長表之電容器,當聽筒內,聞聲最清時,即以標準波長表之波長記數記下,標準波長表與 CL 之交速度,宜寬不宜緊,故 CL 之位置,應善為移動,至聽筒內聞

聲微細清晰而止。

3. 將 C 轉盤轉至 10, 20, 30 100 度等, 如第 2 法而以次實驗之。

4. 將 OL 上之聽筒及晶體檢波器拆去, 用標準振盪波長表與 OL 交連, 如第 2 法, 再求 OL 之校核曲線。

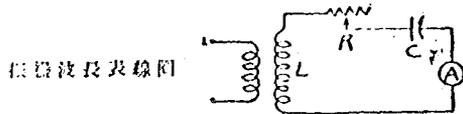
6. 步驟 以橫軸代表 C 上轉盤之度數縱軸代表 G 上各度應有之波長, 就第 2 第 3 及第 4 法, 所得各組記數繪二根校核曲線。

7. 問題
1. OL 與標準波長表, 寬交連之優點何在?
 2. 若 C 與 L 之接線極長, 有何弊病?
 3. 如附圖, 若晶體檢波器與聽筒彼此串聯後, 乃與 C L 並聯之, 所得校核波長, 是否較為準確?
 4. 試就附圖, 述明晶體檢波器與聽筒收音之理。
 5. 用振盪波長表為標準, 何故將晶體檢波器與聽筒拆去?
 6. 二根校核曲線是否相疊合, 如不疊合其故何在?

實 驗 三

1. 名稱 諧振曲線
2. 目的 求簡單電路之諧振曲線
3. 原理 參考第五章第 91 節
4. 儀器
 1. 單層柱形線圈 (400 μh)
 1. 變量電容器 (0—500 μmf)
 1. 變量耗阻器 (0—100 歐姆)
 1. 兆分安培表 (0—100 $\mu\text{a.}$)
 1. 振盪波長表用一個三極管 (UX201A)

5. 方法 1. 將各機件聯接如下圖:



2. 將單層柱形線圈,置於振盪波長表一呎以外,於是使振盪波長表發生振盪流,轉動 C 之轉盤至 60 度。 R 為 100 歐姆,調節波長表電容器,待與 CL 電路相諧振而止,此時 A 中應有記數,若記數不大,可將 R 慢慢減小,至 R 為零而 A 中記數小於 $80 \mu a$ 時,將 L 向波長表線圈,移近稍許,待 A 中記數約為 $80 \mu a$ 而止,又將波長表之波長錄下。
3. 使波長表中之電流電壓等為常數,如有變動,即須改正,又使 R 為零,於是將 C 調節,自零度而 100 度,每 5 度,以 A 中記數錄下,近諧振點左右,每 1 度或 2 度之變換,應將 A 中記數錄下。
4. 使 R 為 5 歐姆,乃如第 3 法而實驗之。
5. 使 R 為 50 歐姆,又如第 3 法而實驗之。

6. 結果

以橫軸代表 C 之度數,縱軸代表 A 之計數,將第 3 第 4 第 5 法中各組記數,繪三根諧振曲線。

7. 問題

1. 何故諧振曲線,不以經過最大值之垂直線 (即縱線),為對稱軸?
2. 得 A 之最大記數後,以手近 L , A 中記數變換何故?
3. 試自歐姆定律及串聯電路之諧振條件,應用第 3 及第 4 法中所得 A 之最大記數,求 L 之耗阻 (假定 C 與 A 無耗阻)

4. 試述耗阻對於諧振曲線之影響。
5. 若全電路之耗阻為零，則A之最大記數應為若干？
6. 若以L與振盪波長表之線圈相距甚近，而後求諧振曲線有何種危險？
7. 波長表中之電流及電壓何故應為定值？如有變化，對諧振曲線有何種影響？
8. 在諧振點時，設C為250 μf ，問L之自感量為若干？

實 驗 四

1. 名稱 交連電路
2. 目的 測定二交連電路之波長及計算二線圈間之交連係數。
3. 原理 二交連電路產生二種波長之理，已詳於第五章第95節。至二線圈間之交連係數，可自下式計算之。

設二交連電路之本身週率相等，而為 f_0 。

$$\text{則 } f_1 = \frac{f_0}{\sqrt{1+k}}, \quad f_2 = \frac{f_0}{\sqrt{1-k}}$$

$$\frac{f_2}{f_1} = \frac{\sqrt{1+k}}{\sqrt{1-k}}, \quad \left(\frac{f_2}{f_1} \right)^2 = \frac{1+k}{1-k}$$

設 $\left(\frac{f_2}{f_1} \right)^2 = a$ 則 $a = \frac{1+k}{1-k}$

$\therefore k = \frac{a-1}{a+1}$

4. 儀器
 1. 單層柱形線圈，其自感量相等，約為800 μh 。惟一線圈之直徑，當大於他線圈之直徑，俾他線圈得容納於一線圈中。二線圈裝於同軸，軸下對有尺寸，以便測定二線圈間之距離，此距離之長短，與交連係數之大小，有直接關係。

2. 變量電容器 (0-500 μf)

1. 蜂音器

1. 標準波長表 (200-1500m)

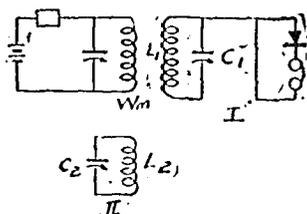
1. 晶體檢波器

1. 聽筒

1. 乾電池

5. 方法

1. 將各機件聯接如下圖:



2. 將第 I 及第 II 電路如波長表，一一與標準波長表校核之。校核第 I 電路時，須以第 II 電路為開路。校核第 II 電路時，須以第 I 電路為開路。

3. 使二電路之本身波長約為 600 m。以蜂音器及乾電池與第 I 電路並聯之。晶體檢波器及聽筒如第 I 電路之接法，而接於 $W_m L_1$ 全部置於 L_1 內，用 W_m 以量度二種波長。

4. 將 L_2 逐漸自 L_1 取出，每取出一單位距離，量度二種波長一次，至 L_1 及 L_2 間之距離不可再大為止。

5. 以 L_2 之一半置於 L_1 中，變 C_2 使二電路不諧振，用 C_2 三值，以 W_m 量度此時之二種波長。

6. 結果

1. 繪第 I 及第 II 電路之波長校核曲線。

2. 以測得各組二種波長，計算其相當交連係數，以交

連係數與 $L_1 L_2$ 間之距離繪一曲線

3. 以交連係數與二種波長繪二根曲線。

7. 問題

1. 假定一交連係數,以計算二種波長。

2. 計得之波長與量得者,是否相等,如不相等,其原因何在?

3. 自第 3 法結果,以推證交連係數極小,二波長相等之說。

4. 第 5 與第 4 法中所得之二種波長,是否相等?如不相等其理何在?

實 驗 五

1. 名稱

電容量及自感量之測驗。

2. 目的

用代入法以測定變量電容器之電容量,及變感圈之自感量。

3. 原理

以未知電容器與某線圈聯成電路,乃與蜂音波長表諧振,波長才變而以標準電容器代未知電容器,再與蜂音波長表相諧振,此時標準電容器之電容量,必與未知電容器之電容量相等,測變感圈之自感量時,可以上述某線圈調以定量電容器,標準電容器調以標準變感器而已。

4. 儀器

1. 標準電容器 (10--1000 μf)

1. 變量電容器 (0--500 μf)

1. 標準變感器 (10--1000 μh)

2. 單層柱形線圈 (約 400 μh)

1. 變感圈 (其最大自感量約為 600 μh)

1. 單極鍵開關

1. 蜂音波長表 (200--1500m)

1. 聽筒

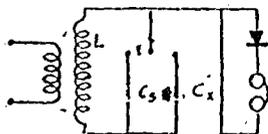
1. 晶體檢波器

1. 定量電容器(約250 $\mu\mu\text{f}$)

5. 方法

1. 將各機件如下圖連接之:

蜂
音
波
長
表



C_x 之位置接以變量電容器

C_s 之位置接以標準電容器

L 定感圈

2. 使 C_x 之轉盤轉至零度,開關關至右面,將蜂音波長表調節至彼此諧振而止,開關關至左面,調節 C_s ,使與波長表諧振,以 C_s 之電容量錄下。

3. 如第2法測定 C_x 轉盤,在 10,20...100 等度之電容量。

4. 將 C_x 調以變感圈, C_s 調以標準變感圈,L 調以定量電容器,仿第二法以測變感圈之自感量。

6. 結果

試繪變量電容器及變感圈之校核曲線。

7. 問題

1. 若未知電容量,在標準電容器之最小電容量以下,試述一測量之法。

2. 試設計一法,以測量定感圈之本身波長。

實 驗 六

1. 名稱

電路內之高週率有效耗阻

2. 目的

測定電路內之高週率有效耗阻

3. 原理

設某電路,因感應而產生之電壓為 E , 其全電路之有效耗阻為 R 諧振時之交流為 I_0 ,

$$\text{則 } I_0 = \frac{E}{R} \dots\dots\dots(1)$$

今以已知 R_1 聯入電路,使此時之最大交流適為 I_1 之一半.

$$\text{則 } \frac{1}{2} I_1 = \frac{E}{R+R_1} \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{以(2)除(1)得 } 2 = \frac{R+R_1}{R} \therefore R = R_1$$

4. 儀器

1. 振盪波長表(用一個 UX201_A)

1. 單層柱形線圈(約 300 μh)

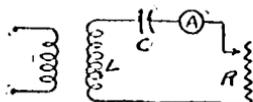
1. 變量電容器(0—500 μmf)

1. 變量耗阻器(0—100 歐姆)(須不含自感量者)

1. 兆分安培表(0—100 μa .)

5. 方法

1. 將各機件如下圖聯接之:



2. 使振盪波長表之波長約為 500 米突, L 置於波長表一呎以外, R 為 100 歐姆,調節 C , 至 A 中記數最大而止,將 L 移動,同時以 R 減小,至 R 為零時, A 中記數約為 80 μa .

3. 將 R 逐漸加大,至 A 中記數適為前數之半,此時 L 之位置當固定,波長表中之電流電壓等,須為定值.

4. 使波長為 400 及 600 米突,再如第 3 法而測量全電路之有效耗阻.

6. 結果

計算第 3 及第 4 法中所得之有效耗阻.

7. 問題

1. 所得有效耗阻之三值,是否相同?如不同其故何在?

2. L 之有效耗阻,是否較全電路之有效耗阻為小?

3. 如 A 之圓尺度數與交流之平方成正比，則加入 R_1 使 A 中二記數之比為何數時，始與全電路有效耗阻相等？
4. 若波長表波長適與 L 之本身波長相等，則此時全電路之有效耗阻為若干？

實驗七

1. 名稱
2. 目的
3. 原理

天線常數

測定天線之自感量，電容量及本身波長。

天線自感量及電容量分佈於天線全部，故二者數值之大小，全視天線電路中交流週率而定。今以 L_h 及 C_h 代高週率之天線自感量，及電容量，則天線之本身波長 (λ_0) 當如下式：——

$$\lambda_0 = 1885 \sqrt{C_h L_h} \dots\dots\dots (1)$$

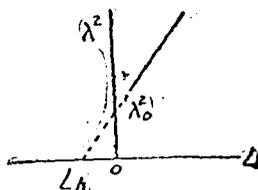
C_h 之單位為 μf , L_h 之單位為 μh .

若以標準變感圈 (L) 串聯於天線電路，

$$\text{則} \quad \lambda = 1885 \sqrt{(L_h + L) C_h}$$

$$\text{或} \quad \lambda^2 = 1885^2 (L_h^2 + L) C_h \dots\dots\dots (2)$$

以第 2 式圖表之，可得下圖：——



λ_0^2 及 L_h 得直接自圖推知， C_h 亦得用 (1) 式計算，至各組 L 與 λ^2 之相當值，可以蜂音波長表量度。

4. 儀器 1. 標準蜂音波長表 (200—1500 m.)

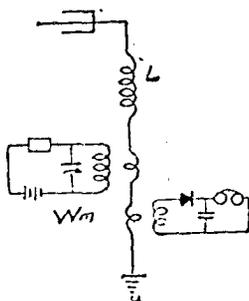
1. 標準變感圈 (μ —400 μ h)

1. 定量電容器 (0.001 μ f)

1. 晶體檢波器

1. 聽筒

5. 方法 1. 將各機件聯接如下圖:—



2. 使 L 為零, 調節 W_m 之電容器, 待聽筒內聞聲最清, 將波長錄下。

3. 將 L 逐漸加大, 每增加一次, 如第 2 法, 以測定 L 及波長之相當值。

6. 結果 以波長平方及 L 之相當值繪一直線, 自線推測 L_h 及 λ , 並計算 O_h 。

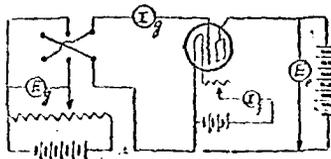
7. 問題 1. 量得之本身波長及圖解之本身波長, 是否相等? 若不等, 其理何在?

2. 天線可視為大規模電容器, 試設計一法, 直接量度之。

實 驗 八

1. 名稱 三極管之特性曲線

2. 目的 求三極管之各種特性曲線自特性曲線以推算三極管之屏路耗阻及放大係數。
3. 原理 參考第九章第 148 節
4. 儀器
1. UX20L_A 與燈座
 1. 直流安培表 (0-1a)
 1. 直流千分安培表 (0-50 ma.)
 1. 直流伏脫表 (0-15 伏脫)
 1. 直流伏脫表 (0-150 伏脫)
 1. 變量耗阻器 (0-25 歐姆)
 1. 電位器 (0-500 歐姆)
 1. 兆分安培表 (0-100 μ a)
 1. 雙極雙開關
 1. A 組電池 (6 伏脫)
 1. B 組電池 (100 伏脫)
 1. C 組電池 (12 伏脫)
5. 方法
1. 將各機件聯接如下圖：——



2. 使 $I_f = 0.25a$ $E_p = 22.5v$ 將 E_c 變換自負 10v 至正 10v, 每 E_c 變換 1v, 須以 I_p 及 E_c 之相當值錄下。
3. 使 $I_f = 0.25a$ $E_p = 4v$ 如第 2 法而實驗之
4. 使 $I_f = 0.25a$ $E_p = 90v$ 如第 2 法而實驗之
5. 使 $I_f = 0.25a$ $E_c = 0v$ 將 E_c 變換自 0 至 100 伏脫。

每 E_p 變換一次須以 I_p 及 I_g 之相當值錄下。

6. 使 $I = 0.25 \text{ A}$, $E_g = -1 \text{ V}$, -4.5 V , 如第5法而實驗之。

7. 將 E_p 與 E_g , 以次變換, 使 I_p 恒為 2, 及 4 mA, 記錄 E_p , E_g 之各組相當值。

6. 結果 試繪 $I_p - E_g$, $I_g - E_g$, $E_g - E_p$ 及 $I_p - E_p$ 特性曲線。

$I_p - E_g$ 及 $I_g - E_g$ 曲線, 須繪在一紙上。

7. 問題 1. 自三根 $I_p - E_g$ 曲線之直線部分求 g_m

2. 自二根 $E_g - E_p$ 曲線之直線部分求 u 。

3. 自三根 $I_p - E_p$ 曲線之直線部分求 R_p 。

4. 凡三極管之用為放大器者 E_p 愈高, E_g 負數亦愈高, 試自 $I_p - E_p$ 特性曲線而說明之。

5. E_g 為負數時, I_p 電表中是否有記數(如無記數, 其故何在)?

實 驗 九

1. 名稱 三極管 μ 及 R_p 之交流測驗法

2. 目的 用 1000 週率之交流, 以測量三極管之 μ 及 R_p , 並變換 E_p 及 E_g 以驗 μ 及 R_p 之變化。

3. 原理 參考第九章第 155 及第 156 節

4. 儀器 1. UX201A 及燈座 1, 變量耗阻器 (0—25 歐姆)

1. 直流安培表 (0—1a)

1. 標準變量耗阻器 (0—100 歐姆)。

1. 標準變量耗阻器 (0—1000 歐姆)

1. 單極單開關 1. A 組電池 (6 伏脫)

1. 1000 週率振盪器或成音週率振盪器

1. B 組電池 (90 伏脫) 1. C 組電池 (10 伏脫)

1. 聽筒
5. 方法
1. 將各機件聯接之如第一百七十三圖
 2. 將開關開。使 I_r 爲 0.2A, E_r 爲 2.25v, 45v 及 90v. 每 E_r 之一值, 以 E_s 變換自正 10 至負 10 伏脫, 每 E_s 二伏脫之變換, 測量 μ 一次.
 3. 將開關關上, 如第 2 法測量 R_r .
6. 結果
- 以 μ 及 E_s, R_r 之各組相當值, 繪二根曲線, 繪圖時以橫軸代表 E_s , 以相當 μ 與 R_r 計算 μ_m , 亦繪曲線二根.
7. 問題
- 試略述 μ 及 R_r 變化之理

實 驗 十

1. 名稱
- 回授接收機之裝法
2. 目的
- 裝製回授接收機與一組成音週率放大器, 並研究其使用法.
3. 原理
- 參考第十章第 190 節
5. 儀器
1. 膠木板一塊, 長 14 吋, 闊 8 吋.
 - 1 木板一塊, 長 14 吋, 闊 8 吋, 厚 0.5 吋.
 2. UX201A 及燈座.
 1. 變量電容器 (0-350 μf) 及轉盤
 1. 枝路電容器 (0.001 μf)
 1. 變量耗阻器 (0-6 歐姆) 及頂子
 1. 線圈以二十六號雙層棉包線, 繞五十轉於四吋為直徑之紙圓筒上 (即 L_1), 相隔四分之一吋, 於同一紙筒上用同號線再繞二十轉 (即 L_2), 以同號線繞二十四轉於三吋半為直徑之紙圓筒上 (即 L_3) 將 L_3 裝於 L_1 內, 須有轉軸, 以便旋轉.
1. 聽筒

1. 成音週率變壓器

1. 柵漏 (3 兆歐姆) 及定量電容器 (250 μF)

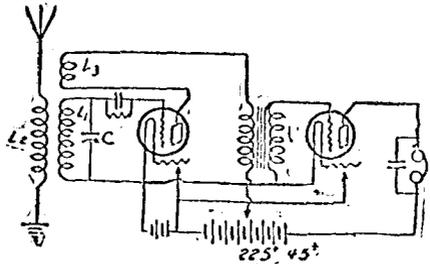
1. A 組電池 (6 伏脫)

1. B 組電池 (90 伏脫)

1. C 組電池 (3 伏脫) (E_g)

5. 方法

1. 將二轉盤,二頂子,等距離的,裝在膠木板上,第一轉盤裝於 L_3 ,第二轉盤裝於變量電容器,二頂子裝於二變量耗阻器,膠木板裝於木板,成二個垂直平面,前者在垂直位置,後者在水平位置,其他各機件裝於木板上,彼此應排列整齊,各機件之接法如下圖,



接線應挺直,又宜短近。

2. 將成音放大器及 L_3 不用,代以聽筒直接裝於第一三極管之屏電路內,調節 C 以接廣播台之音聲

3. 將 L_3 接入,如第 2 法,而實驗之。

4. 將成音放大器接入,如第 2 法而實驗之,且變換第二三極管之屏電壓,以求收音最善之結果。

5. 將柵漏及定量電容器拆去,而代以 E_g ,如第 2 法而實驗之。

6. 問題

1. 用 L_3 後,收音結果,是否增善? L_3 在何種位置時,收音

最差？

2. 成音放大器之功用如何？
3. 回授度太大，聽筒開狂吼，何故？
4. 以爲何值時，收音最善？與調諧及電容器較，何者爲優？

實驗 十一

1. 名稱 短波收報機
2. 目的 短波收報機使用法之研究
需用機件可參照實驗十，惟線圈設計電容量及使用方法等，可參考第十章第 206 節。實驗報告中，應詳述短波收報機於收報時之各種特別現象。

實驗 十二

1. 名稱 平差接收機
2. 目的 平差原理之研究，平差接收機之裝製及使用法等。
3. 原理 參考第十章第 202 節
4. 儀器 除 L_0 不用，及成音週率變壓器代以射電週率變壓器外，其餘機件均如實驗十所用者。平差電容器之最大電容量約爲 10 μft 。射電週率變壓器之正路線圈爲二十轉，副路線圈爲五十轉。用二十六號雙層棉包線，繞於三吋半爲直徑之膠木筒上。副路線圈在裏面，正路線圈在外面，且排在副路線圈之中部。副路圈之中部，應接以接線，通至平差電容器之一端。
5. 方法
 1. 將各機件接聯之，如第十章第 202 節 222 圖。
 2. 不用平差電容器，以接收廣播台之波長，約爲三百米突者。
 3. 用平差電容器，且使其平衡後，如第 2 法而實驗之。

6. 問題
1. 試比較實驗十及本實驗之成音度,選擇性及靈敏度.
 2. 試述射電週率放大器不平衡前之弊病,及平衡後之優點.
 3. 用何法以驗平差電容器使射電週率放大器,已為平衡或不平衡?
 4. 調節平差電容器,如不能得平衡時,用何法方可使之平衡?

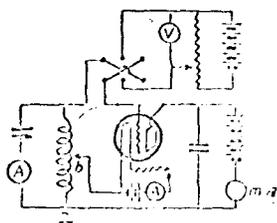
實 驗 十 三

1. 名稱 三極管振盪器
2. 目的 三極管振盪器之調節及效率之測量
2. 原理 參考第九章第 158 及第 160 節
4. 儀器
 1. UX210 及燈座
 1. 線圈之間隙繞者,共五十轉,其直徑約四吋.
 1. 變量電容器 (0—1000 μf) (普通用於發報機者)
 1. 射電週率安培表 (0—3a)
 1. 直流千分安培表 (0—100m, a)
 1. 枝路電容器 (2000 μf) (電壓限度約 1000V)
 1. 變量耗阻器 (0 姆歐)
 1. B 組電池 (350 伏脫)
 1. A 組電池 (12 伏脫)
 1. C 組電池 (29.5 伏脫)
 1. 雙極雙開關
 1. 電位器 (0—1000 歐姆)
 1. 波長表及振盪波長表
 1. 直流安培表 (0—3 安培)

1. 直流伏脫表 (0-30 伏脫)

5. 方法

1. 將各機件聯接如下圖:



$$I_r = 1.27a$$

$$E_p = 450v$$

$$E_s = -18v$$

2. 將 b 之接點,自 a 向上移動,以二轉為度,每移動一次,將 A 及 M.A. 中之記數錄下,並用波長表測量波長.
3. 於 A 中記數最大之時,將 E 為多少正負之變換,每變換一次,將 A 及 M.A. 中之記數記下.
4. 用振盪波長表,以求振盪電路之耗阻 (參考實驗六),並量燈絲電壓.

6. 結果

1. 以水平軸代表 a b 間之轉數,垂直軸代表 A 及 M.A. 中之記數,繪二根曲線.
2. R^2 (I 即 A 中記數) 為輸出, $E_p I_p$ (I_p 即 M.A. 中記數) 為輸入,求效率,以效率 (用垂直軸代表) 及波長 (用水平軸代表) 之各組相當值,繪一曲線.
3. 將 E_s 及效率繪二曲線, ab 間之轉數及效率.

7. 問題

1. E_s 及波長為何值時,效率最大?
2. 於輸入項下再以燈絲電工率加入而計算效率時,則最大效率為若干?
3. b 之接點,是否在线圈上任何處,均能產生振盪,如否,何故?

4. 是否 C 較大, A 中記數亦較大, 試言其故。

實 驗 十 四

- | | |
|-------|--|
| 1. 名稱 | 短波發報機 |
| 2. 目的 | 小規模短波發報機之裝置及使用 |
| 3. 原理 | 參考第十章第 180 節 |
| 4. 儀器 | <ol style="list-style-type: none"> 1. UX210_A 及燈座 1. 變量耗阻器 (0-6Ω) (R) 3. 變量電容器 (350 μf) 2. 定值電容器 (0.002 μf) 2. 高週率阻流圈 (用 26 號雙層棉包銅線, 共二百五十轉, 繞於紙筒上, 直徑三吋半, 於一百五十轉處, 裝一接柱用於波長為 68 m. 時) 1. 柵漏 (5000Ω) 1. 電鎗 1. 用 14 號銅線間隙繞之線圈 40 轉長 9.5 吋直徑 4.5 吋. 1. 用 14 號銅線間隙繞之線圈 16 轉長 3 吋直徑 2.75 吋. 1. 直流伏脫表 (0-10v) 1. 千分直流安培表 (0-100 m. a.) 1. 高週率安培表 (0-1 a) 1. A 組電池 (12v) 1. B 組電池 (350v) |
| . 方法 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 將各種儀器, 如實驗十五附圖中之振盪電路而聯接之, 惟低週率阻流圈應撤去, 電鎗與柵漏串聯, 置於柵漏之下面, 其插頭或接柱, 當裝在膠木箱面板 |

上變量電容器高週率安培表,千分安培表及變量耗阻器等亦應裝在膠木箱面板上,其餘機件均可裝在膠木底板上,各儀器所處地位應妥為計劃,各接線挺直,短接之外,又當錫焊牢固膠木板長24吋闊14吋,裝於木架上。

2. 將40轉線圈及 E_1 接上調節 R ,使 V 中記數為7.5v,以 E_2 約為200v接上, MA 中是否有20m.a.左右之記數,如有,則各處接法無誤,以 E_2 增至350v,此時 MA 中記數應有60m.a.左右,先後調節三只變量電容器至適當之值, MA 中記數忽然下降,振盪流產 A , A 中亦有記數,調節線圈上之接點, x 適當轉數及變量電容器等使 A 中記數最大(最少有400m.a.). 閉合電鎗細察振盪是否穩定用彼長表測定波長是否與預定者相合,倘所用天線之本身波長為200m.者,發報波長為250m時,全機之效率最高。

3. 將40轉線圈撤去,調以16轉者,如第9法而妥為調節之,發報波長可得68m, A 中記數並不減小。

6. 結果

7. 問題

- 討論裝置及使用此種短波發報機之各種經驗
1. 第3法中之發報波長為天線本身波長之何次?
 2. 何故振盪產生時, MA 中記數忽然下降?
 3. 若欲發報波長適為天線本身波長三分之一時,應將何種機件變換?
 4. 若將細路中之斷流電容器撤去,即不能使振盪產生何故?

實 驗 十 五

1. 名稱 播音機
2. 目的 小規模播音機之裝製及使用。
3. 原理 參考第十一章第 210 節
4. 儀器
1. 調幅變壓器
 1. 成音週率漸流器(約 6h 以上)
 1. 直流千分安培表(0—100 ma)
 1. 傳話器
 1. C 組電池(0—45v)
 1. 乾電池
 1. 成音週率變壓器
 1. 一組推挽式成音週率變壓器
 1. 唱片投取器及留聲機唱片等
 1. 雙極雙開關
 1. C 組電池(0—9v.)
 1. A 組電池(6v)
 1. B 組電池(90v)
 1. UX210 及燈座
 1. 變量耗阻器(0—1'0)(R.)
- 其餘機件,可用實驗十中所用者。
5. 方法
1. 振盪電路與調幅電路,以已有各儀器,如附圖裝於實驗十四所用之膠木底板上。
 2. 成音週率放大電路之接法亦如附圖可另行裝置
 3. 用唱片投取器及喇叭,先行試驗成音週率放大器,是否放大不失真,失真時,得調節 ABC 組電池以改良之。
 4. 於是接至調幅管,以振盪管及其電路撤斷,再用喇

叭接於成音週率漸流圈之兩端，試驗其失真與否，此時喇叭應與柵路之為 50,000 或 1,000,000 歐姆者串聯， E_c 約 22.5 伏脫

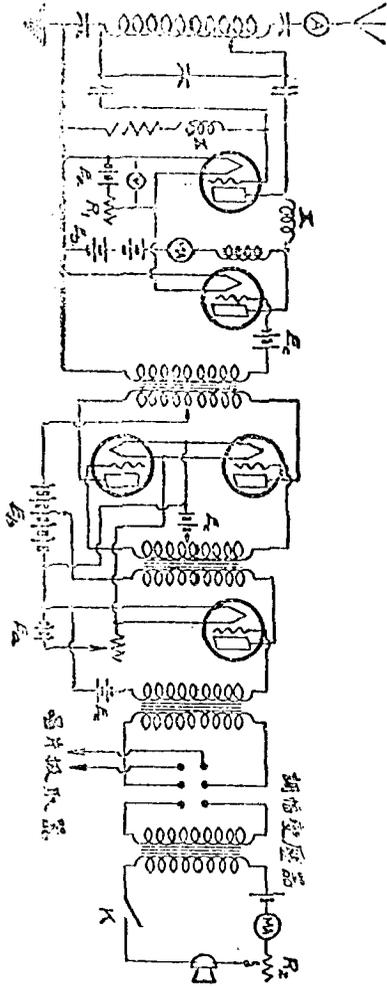
5. 以振盪電路與調幅電路相接，至振盪器調節法，參考實驗十
6. 於實驗室鄰近，用收音機，以試驗播音之是否圓滿
7. 用傳話器調節 R_2 使 M A 中記數約為 22 m. a.，以試言語播音，人口距傳話器最少三呎，發音宜自然，不宜過於用力。

6. 結果

討論試驗之經過

7. 問題

1. 倘成音週率放大器發生狂吼時，應用何法以改正之。
2. 照附圖，及試驗結果論，調幅百分數應在 50% 左右，但細察 A 中指針之擺動數，照 143 式計算之，其值甚小何故？
3. 試另行設計一法，以測調幅百分數之較為正確者。
4. 於推挽式成音放大器之輸出兩端，連以 10,000 Ω 後，乃接入調幅管之柵路，結果較善，何故？



譯 名 索 引

(數字均指頁數)

A	
A-Battery A-組電池	179c
A. C. Receiver 交流接收機	182
A. C. Tube 交流管	213c
Ageing voltage 銜滯電壓	211
Alexanderson's high frequency alternator 阿氏高週率發電機	5, 13
Alternating current 交流	53
" voltage 交流電壓	56
frequency of 交流電壓之週率	57
Alternator, Alexanderson's 阿氏高週率發電機	5, 13
Alternator, Geldschmidt's 哥氏高週率發電機	161
Ammeter, hot wire 熱絲安培表	235
" thermo coupled 熱絲交流安培表	235, 236
Ampere 安培	11
Amperite 定流器	275
Amplifier 放大器	4
audio frequency 成音週率放大器	4, 131
inductance coupled 磁感交流之成音放大器	233
push-pull 推挽式之成音放大器	233
resistance coupled 耗阻交流之成音放大器	232
transformer coupled 變壓器交流之成音放大器	2, 2
radio frequency 射電週率放大器	4, 236
reactance coupling type 週率交流之射電週率放大器	236, 237
resistance coupling type 耗阻交流之射電週率放大器	236, 237
transformer coupling type 變壓器交流之射電週率放大器	236, 237
amplifying coefficient 放大係數	192
measurement of 放大係數之量法	193, 194
Amplitude 幅	47
Angle of incidence 入射角	134
Angle of reflection 反射角	131
Angular velocity 角度速率	48
Antenna 天線	3, 111
comparison of different types of 各式天線之比較	113
distribution of current and voltage in 電流及電壓在天線上之分佈	149
effective height of 天線之有效高度	143
for aeroplanes and airships 航空天線	147
for receivers 接收機天線	172
for ships and submarines 船舶與潛水艇天線	145
fundamental frequency of 天線之本週率	150
measurement of constants of 天線常數之測定	3, 7
short wave 短波天線	150
various types of	
beam 定向天線	142
fan shaped type 扇形天線	141
flat top type 平頂式天線	141
ground 地下天線	143
Hertz type 赫茲式天線	141
loop 線圈天線	1, 1
skid-fin 翅形天線	147
umbrella type 傘形天線	141
vertical type 直立式天線	141

譯 名 索 引

Armature 發電子	83	having mutual inductance 互感風電路	17
Armstrong, E. H. 阿爾斯通	23 211	having resistance 耗阻電路	61
Artificial magnet 人造磁	27	,, resistance and capacity in parallel 耗阻與電容量之並聯電路	72
Atmospherics 天電	178	having resistance and inductance in series 耗阻與電容量之串聯電路	71
Audibility 可音度	5	having resistance and inductance in parallel 耗阻與自感量之並聯電路	67
Audibility meter 可音度量表	2-2	having resistance and inductance in series 耗阻與自感量之串聯電路	67
Audio transformer 成音週率變壓器	231	having resistance, inductance and capacity in parallel 耗阻, 自感量及電容量之並聯電路	75
Autodyne method 自差法	231	having resistance, inductance and capacity in series 耗阻, 自感量及電容量之串聯電路	73
Autodyne receiver 自差接收機	153	input 輸入電路	103
Automatic volume control 自動控制法	276	internal 內路	14
B		Meissner 米字南電路	190
Band pass filter 選界濾波器	111	open 開路	15
B-Battery B組電池	179e	oscillatory 振盪電路	87
Bain antenna 定向天線	143	output 輸出電路	191
Beat 音差	174	primary 正電路	112
Ball 倍爾氏	163	push-pull 推挽式電路	2 5
Buzzer oscillator 蜂音振盪器	95	radio 無線電路	91
C		reflex 回複電路	239
Calibration curve 校核曲線	287	Tuned plate and tuned grid 屏柵諧振電路	262
Capacitive reactance 電容週阻	69	tuning 配器電路	76
Capacity 電容量	27	secondary 副電路	112
Capacity, distributed 分佈電容量	194	short 短路	16
Capacity, measurement of 電容量之測法	334	Circuits, closely coupled 緊交連電路	113
Capacity formulae 電容量公式	173 174	,, loosely coupled 寬交連電路	113
Carrier wave 載波	270	Circuit breaker 保火線或斷路器	264
Cathode grid 陰柵	213	Coefficient, amplifying 放大係數	192
Charge 充電	21		
Circuit 電路	14		
closed 合路	14		
Colpitts 考畢子電路	201		
external 外路	14		
Hartley 哈脫來電路	200		
having capacity 電容量電路	63, 69		
having inductance 自感量電路	63		

無 線 電 學

of coupling 交連係數	113, 121
Coils, losses in 線圈損失	1-7
Colpitts, E. H. 考畢子氏	201
Colpitts circuit 考畢子電路	201
Commutation ripple 整流波紋	89
Commutator 整流環	89
Compensated method 換波法	163
Condenser 電容器	16
blocking 斷流電容器	105
by-pass 枝路電容器	105
energy stored in 積于電容器之電能	18
fixed 定量電容器	105
gang 同軸電容器	237
losses in 電容器損失	195
absorption loss 吸收損失	106
corona loss 電花損失	106
leakage loss 洩電損失	105
resistance loss 耗阻損失	106
Neutralizing 中和電容器	127
straight line capacity 直線電容量電容 器	105
straight line frequency 直線週率電容 器	105
straight line wavelength 直線波長電 容器	105
variable 變量電容器	104
Condensers, in parallel 電容量之並聯	27
" in series 電容量之串聯	17
Conductances 耗導	166
mutual 互導	196
Constantan 德國銀	286
Continuous wave or C.W. transmission 等幅波發射	4
Counterpoise 地網	115

Coupled circuits 交連電路	112, 302
capacitive coupling 電容交連	112
direct inductive coupling 直接磁感交 連	112
free oscillation of 交連電路之自由振盪	115
frequency of 交連電路之週率	117
inductive coupling 磁感交連	112
resistance coupling 耗阻交連	112
Coulomb 庫倫	11
Crystal, carbondundum-steel 矽化炭與鋼	
鐵混晶體	173
D.C. characteristics of 晶體之直流特性 曲線	172, 293
zincite-borite 紅錳與夾鋼鐵混晶 體	173
Current 電流	10, 11
alternating 交流	66
average 平均電流	69
D. C. 直流	11
displacement 電力線流	27
effective 有效電流	69, 62
induced 感應電流	32
maximum 最大電流	69
oscillatory 振盪流	88
pulsating 脈動電流	89
steady 平流	96
transient 瞬流	96
Current feeds 電流接接	159
Cut in method 割入法	166
Cycle週	3, 43

D

Damped oscillation 減幅振盪	92
Damped wave transmission 減幅波發射	4
D.C. current 直流	14
D.C. voltage 直流電壓	14

譯 名 索 引

Decibel or dB 傳聲單位	261
Decrement logarithmic 指數減幅率	13
Defect 缺陷 缺陷之度	177
Deflection, power and linear 電力與直線 量音波	273
Diode 二極管	4
circuit 晶體檢波器	4
vacuum tube 真空管檢波器	4 189
Dielectric 介電體	27
Discharge 放電	23
Displacement 位移	47
Displacement current 電力餘流	27
Distortion 失真	193

E

Edison 愛迪生	177
Ehrling-effect 愛氏現象	177
Effective current 有效電流	6) 62
Effective resistance 有效电阻	148
Effective voltage 有效電壓	59
Elasticity 彈性	79
Electric field, strength of 電場強度	139
unit of 電場強度之單位	133
Electric lines of force 電力線	125
Electric oscillator, closed 合路振盪器	91
Electric power 電功率	23
calculation of 電功率之計算	23, 72, 23
Electrical degrees 電角度	53
Electromagnet 電磁	59
Electromotive force or E. M. F. 電壓	11
counter 反電壓	34
Electron 電子	25
Elster 略里司脫氏	177
Energy, electric 電能	23
magnetic 磁能	61

mechanical 機械能力	21
stored in coil 積于線圈之磁能	99
stored in condenser 積于電容 器之電能	18
Equal signal strength lines 等強度線	133
External resistance 外阻	14

F

Fading 衰減	137
Farad 法拉特	27
Feed back condenser 回授電容器	229
Fidelity 保真度	5
Filament 燈絲	173
Filter 濾波器	119
band-pass 通帶濾波器	111
high-pass 高界濾波器	111
low-pass 低界濾波器	111
Fleming, J.A. 弗里明氏	177
Forced oscillation 強迫振盪	96
Free oscillation 自由振盪	87
frequency of 自由振盪之頻率	91
period of 自由振盪之週期	11
wavelength of 自由振盪之波長	61
Frequency 頻率	3, 43
fundamental 基本頻率	79
harmonic 多次頻率	79
natural 本身頻率	92
resonance 諧振頻率	139
Frequency changer 頻率變換器	3

G

Galton 加倫	11
Gauss 高斯	52
Grid 以瓦爾氏	177
Grid 柵極	173
cathode 陰極	213

無 線 電 學

control 控制極板	213
screen 蔽極板	213
Grid leak 柵漏	190
Ground 地線	145
Ground antenna 地下天線	138
Ground wave 地波	135
Gi-Balschmidt alternator 吉其士彭斯律波電機	164
H	
Harmonic frequency 多次週率	79
Hartley, R. V. L. 哈脫來氏	209
Hartley circuit 哈脫來電路	210
Hazeltine 海才兒脫氏	103
Heaviside layer 海氏層	137
Heising method of modulation 海黑心調幅法	253, 254
Henry 亨利	34
Heterodyne method 外差法	174, 231
Heterodyne receiver 外差接收機	231
High-frequency electrical furnace 高週率電煉爐	
High frequency resistance of a circuit, measurement of 電路內高週率耗阻之測量	305
Hero power 馬力	24
Hot wire ammeter 熱線安培表	285
Hull, A.W. 霍累氏	177
I	
In phase 同相	60
Induced current 感應電流	53
Induced voltage 感應電壓	52
calculation of 感應電壓之計算	53
Inductance, distributed 分佈自感量	102-103
formulae 自感量之公式	101-103

measurement of 自感量之測量	304
mutual 互感量	35
self 自感量	34
Inductances, in parallel 自感量之並聯	36
in series 自感量之串聯	56
Inductive coupled circuit 磁感交連電路	112
inductance of 磁感交連電路中之自感量	114
resistance of 磁感交連電路中之耗阻	114
Inductive magnetic field 感應磁場	139
Inductive reactance 磁感週阻	64
Input circuit 輸入電路	193
Insulator, Pyrex 派來克司絕緣體	154
Interference 干擾	5
Internal condenser of tubes 管內電容器	189
Internal reactance 內部磁感週阻	178
Internal resistance 內路耗阻	11
Intensity of magnetic field 磁場強度	29
Ionization 電化	179
IR drop 電位降	17

J

Joule 求爾	24
----------	----

K

Kennelly 開氏	137
Kenotron 開羅屈郎	265
Kilowatt 基羅瓦特	25
Kirchhoff's law 啓爾可夫氏定律	18
Knob 頂子	292

L

Lag 滯後	58
Law, Lenz's 林慈定律	52
Kirchhoff's 啓爾可夫氏定律	18
Ohm's 歐姆氏	19
Lead 導前	59

譯 名 索 引

Leakage resistance 漏電耗阻	107
Lenz's law 林慈定律	32
Linear detection 直線收音法	270
Linear velocity 直線速率	49
Lines of force, electric 電力線	125
magnetic 磁力線	19, 125
calculation of 磁力線之計算	31
Litz wire 立支線	107
Load circuit 荷電路	200
Local oscillator 本地振盪器	174
Logarithmic decrement 對數減幅率	93
Loop antenna 線圈天線	141
Loud speaker 喇叭	271
dynamic cone type 動電角錐喇叭	272
electrostatic type 靜電喇叭	273

M

Magnet 磁鐵	
artificial 人造磁	29
natural 天然磁	19
Magnetic energy 磁能	65
Magnetic field 磁場	29
intensity of 磁場強度	29
Magnetostriction oscillator 磁棒接觸振盪器	206
Master oscillator 放大電能振盪器	204
Mechanical energy 機械能力	24
Meissner 米字南氏	199
Meissner circuit 米字南電路	199
Mho 姆歐	193
Microphone 傳話器	6, 248
condenser type 電容傳話器	249
double button type 兩箱傳話器	249
single button type 單箱傳話器	249
Modulated oscillator 調幅振盪器	291

Modulated wave 調幅波	259
lower side band of 低界波帶	260
upper side band of 高界波帶	279
Modulation 調幅	272
constant current 定流調幅	256
method of 調幅法	253
antenna current absorption method 天線交流吸收法	253
grid voltage variation method 柵電壓變化法	253, 254
Heising or plate voltage variation method 海靈心調幅法或屏電壓變化法	253, 254
percentage of 調幅百分數	273
measurement of 調幅百分數之量法	277
Modulation transformer 調幅變壓器	271
Modulator, balanced 平衡調幅器	261
Mutual conductance 互導	16
Mutual inductance 互感量	35
between coils 線圈間之互感量	103
Mutual reactance 互感週阻	77

N

Natural frequency 本身週率	92
Natural period 本身週期	92
Natural wavelength 本身波長	92
Neutralizing condenser 中和電容器	227
Nerodynno receiver 平差接收機	228, 230

O

Ohm 歐姆	11
Ohm's law 歐姆氏定律	12
Open circuit 開路	15
Oscillation, damped 減幅振盪	92

無 線 電 學

Oscillation, forced 強迫振盪	96
free 自由振盪	67
stable 平穩振盪	229
undamped 等幅振盪	92
Oscillator, buzzer 蜂音振盪器	95
closed electric 右路振盪器	64
local 本地振盪器	174
magnetostriiction 磁棒控制振盪器	216
master 放大電能振盪器	214
modulated 調幅振盪器	291
quartz 石英控制振盪器	213
Oscillatory circuit 振盪電路	17
Oscillatory current 振盪電流	83
Output circuit 輸出電路	391

P

Pendulum 鐘擺	70
Pentode 五極管	213
Period 週期	45
natural 本身週期	93
Permeability 比磁滲	31
Phase angle 相角	59
Phonograph pick up 唱片接收器	273
Pierce, G.W. 片阿瓦氏	206
Pl. to 屏極	178
Pl. to circuit 屏路	170
Pl. to resistance, 屏路耗阻	189
measurement of 屏路耗阻之量法	195, 310
Potential difference 電位差	11
Poulsen arc 潘生弧	3, 162
Power, electric 電工率	23
mechanical 機械工率	24
radiated 發射電工率	131

Power detection 強力發音法	270
Power factor 電工率因數	66
Primary circuit 正電路	112
Protective device 保護附件	119
Pulsating current 脈動電流	80
Pulsating voltage 脈動電壓	80
Push-pull amplifier 推挽式放大器	233
Push-pull oscillator 推挽式振盪器	205

Q

Quartz 石英	203
Quartz oscillator 石英控制振盪機	203
Quartz transmitter 石英控制發報機	227
Quenched gap 熄滅式火花隙	160

R

Radian 弧度	49
Radiated power 放射電工率	131
Radiation resistance 射電耗阻	131
Radio, wired 有線射電	8
Radio beacon 無線電指向台	284, 284a
Bellini Tosi system 貝利諾法	284a
Robinson system 魯濱生法	284
single coil system 單座線圈法	284
Radio circuit 無線電路	19
Radio compass 羅盤指北定向儀	184, 284
Radio field 無線電場	130
Radio field strength map 無線電場強度圖	133
Radio reception 無線電之接收	2
Radio transmission 無線電之發射	2
Radio waves 無線電波	2, 127, 133
generation of 無線電波之產生	155
polarization of 無線電波之分極	134
radiation of 無線電波之發射	130
reception of 無線電波之接收	132

索 引

Radio reflection of 無線電波之反射	173
refraction of 無線電波之曲折	175
Reactance, capacitive 電容週阻	69
inductive 磁感週阻	64
internal 內部週阻	178
mutual 互感週阻	77
variable 變感週阻器	157
Reactance diagram 週阻圖表	109
Receiver 接收機	4, 27
A.C. 交流接收機	182, 218
autodyne 自差接收機	153
heterodyne 外差接收機	231
neurodyne 平差接收機	228, 130, 313
reflexive 回授接收機	29
regenerative 同授接收機	231, 311
super-heterodyne 無極外差接收機	241
super-regenerative 無極同授接收機	240
Rectifier 整流器	177, 181
copper oxide 氧化銅整流器	181
Reference line 備考線	52
Resistance 耗阻	11
effective 有效耗阻	168
external 外路耗阻	14
grid 柵路耗阻	153
internal 內路耗阻	14
plate 屏路耗阻	185
radiation 發射耗阻	131
Resistances, in parallel 並聯耗阻	21
in series 串聯耗阻	20
Resonance 諧振	5
parallel 並聯諧振	76
series 串聯諧振	74
sharp 銳諧振	109
Resonance curve 諧振曲線	109, 300
Resonance frequency 諧振週率	109

Resonance point 諧振點	109
Rheostat 變量耗阻器	159
Richardson, O.W. 立却生氏	177
Right hand rule 右手定律	31, 31
Rogers 勞求氏	148
Rotary gap 旋轉隙	160

S

Saturation 飽和	186
Saturation current, explanation of 飽和之解釋	189
Schottky 司狄著氏	177
Screen grid 簾柵極	213
Secondary emission 二次放射	203
Secondary circuit 副電路	112
Selectivity 選擇性	5
Self inductance 自感量	34
calculation of 自感量之計算	34
coefficient of 自感係數	34
Sensitivity 靈敏度	5
Shielding 屏蔽	121
Short circuit 短路	16
Short wave 短波	135
Short wave oscillatory circuit 短波振盪電路	202
Short wave transmitter 短波發射機	225, 316
Shunt 分流器	293
Shunt generator 並聯發電機	193
Simple harmonic motion 單弦運動	47
formula of 單弦運動之公式	48
velocity of 單弦運動之速率	49
Sine function 正弦函數	48
Single side band transmission 單界波發射	261
Skin effect 集膚現象	89

無 線 電 學

In coils 線圈間之集積現象	100
Skipped distance 間隔	135
Sky wave 天波	135
Socket 插座	178
Space charge 空間電子	181
Spark gap 開式隙	160
Spark gap transmitter 火花式發報機	3
Statics 天電	133
Steady current 平流	96
Synchronous speed 請復速率	164
Super-heterodyne receiver 無極外差接 收機	241
Super-regenerative receiver 無極同授接 收機	240

T

Telephone line equalizer 電話線平衡器	263
Telephone receivers 聽筒	6
construction of 聽筒之構造	171
Thermo coupled ammeter 熱絲交流安 培表	285, 286
Thomson, J.J. 湯姆生	177
Throttle condenser 同授電容器	230
Tickler coil 同授圈	230
Transformer, audio 成音週率變壓器	231
modulation 調幅變壓器	251
radio 電射週率變壓器	237
Transmission, C. W. 等幅波發射	4
damped wave 減幅波發射	4
single side band 單界波發射	200
Transmission unit or T.U. 傳遞單位	263
Transmitter 發報機	17, 217
short wave 短波發報機	225, 316
spark gap 火花式發報機	3
vacuum tube 真空管發報機	2, 217-227

Transient current 瞬流	96
Tube, A.C. 交流管	212
construction of 真空管之結構	177-178
five-electrode 五極管	213
four-electrode 四極管	211
used as amplifier 四極管用為放大器	243
method of reactivation of 真空管復 活法	210
three-electrode 三極管	165
characteristics of 三極管之特性曲線	186
its equivalent circuit 三極管之相當 電路	193
used as amplifier 三極管用為放大器	102
used as detector 三極管用為檢波器	4, 189
used as oscillator 三極管用為振盪器	197-208
used as voltmeter 三極管伏脫表	286
transmitter 三極管發報機	217-227
two-electrode 二極管	179b
characteristics of 二極管之特性曲線	179c
used as detector 二極管用為檢波器	181
water cooled 水冷強力管	209
Tuned plate and tuned grid circuit 屏 槽諧振電路	202
Tungsten 鎢片	178
Tuning 配諧	5
sharp 銳配諧	5
Tuning circuit 配諧電路	76

V

Vacuum tubes (see tubes)	
Variable condenser 變量電容器	104
Variable reactance 變量週阻器	157
Variable resistance 變量耗阻	17
Vector diagram 向量圖表	61

辭 名 索 引

Vector quantity 矢量	51	Volume indicator 音度表	263
Vector sum 矢量和	52	W	
Velocity, angular 角速度	48	Watt 瓦特	24
linear 直線速率	49	Wave analyzer 析波器	70
Viscosity 粘性	267	Wave length 波長	9
Volt 伏脫	11	natural 本身波長	93
Voltage, alternating 交流電壓	56	Wave meter 波長表	258, 259
average or E_{av} 平均電壓	59	calibration of 波長表之校核	299
D. C. 直流電壓	14	Wave trap 濾波器	15
effective or E_{eff} 有效電壓	59	Wheatstone bridge 惠斯登橋	17
induced 感應電壓	32	Wired radio 有線射電	8
maximum or E_m 最大電壓	59	Z	
pulsating 脈動電壓	80	Zeppelin system 徐柏林方法	153
Voltage coils 電壓線接	150	Zero potential surface 零電位面	129
Volt/Meter 伏脫/米突	133	Zone of silence 靜靜區域	135
use three electrode tube 三極管伏脫表	256		
Volume control 音度控制法	274		
automatic 自動控制法	278		

三版增訂譯名索引

(數字均指頁數)

<p>A</p> <p>Ammeter, high frequency 高週率安培表 293</p> <p>Calibration of 高週率安培表之校核 292</p>	<p>Input section 輸入部分 213a</p> <p>Internal error 內部差誤 284b</p>
<p>B</p> <p>Bodmin 鮑銘市 280</p>	<p>M</p> <p>Meter bridge 米突橋 291</p>
<p>C</p> <p>Cardiod 鷄心曲線 284b</p> <p>Cesium 鎊 179</p>	<p>O</p> <p>Oscillator, constant frequency 定週率之振盪器 207c</p> <p>long line controlled 長線 207c</p> <p>制控之振盪器 207c</p> <p>Output section 輸出部分 213a</p>
<p>D</p> <p>Directional transmission, by interference method 干涉法之定向發射 281</p> <p>by reflection method 反射法之定向發射 278</p> <p>Directional transmission and Reception 定向傳授 277</p>	<p>P</p> <p>Paraffin 白臘 179a</p> <p>Physical quantity 物理量 284b</p>
<p>E</p> <p>Electron coupling 電子交連 207f</p> <p>External error 外部差誤 284b</p>	<p>R</p> <p>Radio beacon 無線電指向台 284, 284c</p> <p>Bellini Tosi System 裴林泥法 284a</p> <p>Robinson system 魯濱生法 284</p> <p>Single Coil System 單座線圈法 284</p> <p>Radio Compass 定向儀 284</p> <p>Radio surveying 無線電測量 284c</p>
<p>F</p> <p>Filament, oxide coated 塗有氧化物之燈絲 179a</p> <p>thoriated tungsten 塗鈾燈絲 179</p>	<p>S</p> <p>Strontium 鋇 179</p>
<p>H</p> <p>Hot wire ammeter, calibration of, 熱絲安培表之校核 292</p>	<p>T</p> <p>Thermo-coupled ammeter, Calibration of, 熱絲交連安培表之校核 292</p> <p>Thorium layer 鈾層 179</p> <p>Tubes, triple-twin 三極雙聯管 213a</p>
<p>I</p>	

鍾山書局出版新書

柳詒徵著	中國文化史(上下兩冊)	五元
柳詒徵等編	高中國文(上冊)	六角
繆鳳林著	中國通史綱要(上冊)	二元
繆鳳林編	高中本國史(上冊)	八角
張其昀編	高中本國地理(上冊)	一元
張其昀著	人地學論叢	一元六角
沈思瑛譯	天時與地理	四角
何兆清	論理學大綱	一元五角
倪尙達著	無線電學	平裝二元六角
倪尙達等著	電學入門	八角
張樹森著	平面測量學	二元
何浩若著	民族的前途	一角
邵其昉監製	中等本國地圖集(上冊)	四角
張其昀監製	中國地形圖分冊 已出四幅 每張八分	

印刷中之書籍

宗白華編	歌德之認識
朱俠著	行雲流行
繆鳳林著	中國通史綱要 中冊
葉廣度著	中國庭園概觀
竺可楨等譯	新地學
向達譯	最近世界各國形勢
王庸譯	人地學精義
任美鏞合譯	實驗論理學
李旭旦合譯	歷史地理學
董紹良譯	亞洲地誌
徐近之譯	氣候學
楊昌業譯	

鍾山書局發行四大雜誌

名稱	編輯者及代表人	宗旨	定價
<p>國風半月刊</p> <p>國風社 社長 柳詒徵 編輯 張其成 顧鳳林 倪尚達</p>	<p>發揚中國固有之文化 昌明世界最新之學術</p>	<p>每期一角全年二十四期 預定半年一元一角全年二元</p>	<p>科學世界</p> <p>中國自然科學社 代表人 李國鼎</p>
<p>勞觀旬刊</p> <p>勞觀旬刊社 代表人 何浩若</p>	<p>批判中外時事之得失 挽救政治教育之頹風</p>	<p>每期七分半全年三十六期 預定一年七角全年一元二角</p>	<p>方志月刊</p> <p>中國人地學學會 代表人 張其成</p>
<p>科學世界</p> <p>中國自然科學社 代表人 李國鼎</p>	<p>介紹西洋科學家之學說 披露國內研究者之心得</p>	<p>每期二角全年十二期 預定全年二元二角</p>	<p>每期定價一角五分 預定全年一元五角</p>

民國十八年二月初版

(初版發行二千本預約一千本)

民國十九年六月再版

(再版發行三千本)

民國廿一年十二月三版

(三版發行三千冊)

本書有著作權翻印必究

南 京 鍾 山 書 局

營 業 種 類

- (一) 教本部
- (二) 叢刊部
- (三) 雜誌部
- (四) 地圖部
- (五) 古書部
- (六) 西書部
- (七) 儀器部
- (八) 文具部
- (九) 寄售部

常 務 董 事

- | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 編輯 | 出版 | 會計 | 營業 | 西書 |
| 張其昀 | 繆鳳林 | 倪尚達 | 沈思璜 | 羅廷光 |

本局為下列各機關南京經售處

- | | |
|--|--|
| 中國科學公司
中國科學社
中國海關
中央研究院
北平研究院
武漢大學出版部
廣州中山大學出版部
中央大學各院系 | 江蘇國學圖書館
北平地質調查所
北平社會調查所
北平圖書館
浙江省立圖書館
中國銀行出版部
天津大公報出版部
北平景山書社
上海新月書店 |
|--|--|

國 風 分 銷 處

- | | |
|---|--|
| 南京 國學圖書館 金陵大學 中央政治學校
上海 新月書店 作者書店 光華書局
北平 北平圖書館 天津書局
杭州 省立圖書館舊處(新橋路七十三號)
武昌 武漢大學出版部 新生命書局(武漢分局)
無錫 千鐘書局
常州 新華書局
南通 三友書店
安徽 省立圖書館 高級中學 第一女子中學
合肥 省立第六中學 第六女子中學
蕪湖 省立圖書館
濟南 東方書局
聊城 省立第三師範(曹玉潔)
西安 西安文化書局
蘇州 振亞書局
太原 天津大公報分館
昆明 生活書報代辦部 | 北平 景山書社
天津 大公報出版部
上海 新月書店
南京 國學圖書館
金陵大學 中央政治學校
武漢大學出版部
廣州 中山大學出版部
中央大學各院系 |
|---|--|

各 地 特 約 經 理

- | | |
|--|---|
| 上海 慕爾哈路一二三號 中國科學公司
北平 佩文齋 景山書社
開封 豫文書局
濟南 藝林書局
南昌 大東書局 (中山路)
蘇州 小說林書莊 | 編輯所 城北雙井巷文安里五號
城北總局 中央大學門前濠巷巷口 (電二三九五)
城南支局 太平路三二二號 |
|--|---|