

始



563
3



最新電力輸送及配電

工學士 荒井源三郎 著

株式會社 才一ム社

1926

大正
15. 9. 2
寄贈

社
寄贈本

緒 言

未曾有の震火災により東都幾萬の書籍は皆な烏有に歸し、初學者の不便見るに忍びず。余短才其任に非すと雖も、幸に閑暇あり一書を編し、一は外國語に親しからざる人の便に供し、一は學生に對する講義の不足を補はんとす。然れども種々の事情の爲荏苒今日に及び、漸く其一卷の半を完了せるに過ぎず。今亦文部省より在外研究員を命ぜられ、中途斷念すべき運命に遭遇せり。

翻て考ふるに、稿拙なりと雖も二年有餘何等社會を益する所なく筐底に藏するより、恥を忍び勇を鼓して出版し、其間幸に諸賢の叱正を乞い歸朝後之を改むるに如かず。次で第二卷を著し以て電力輸送配電の一般を叙述する事を得ば幸甚なり。

如斯事情の爲後半を急ぎ充分檢正するの暇なく、隨て文中誤謬尠からざるべし。願はくば大方の士の御教指を賜らん事を。

稿を終るに際し本書印刷の校正の勞をとらるゝ志田正雄君大矢知榮藏君、原稿、圖面の製作に多大の援助を蒙りし大阪高等工業學校電氣科内一同に深謝す。

東天下茶屋の茅屋に於て

著 者 誌 す

最新電力輸送及配電

配 電 篇

目 次

第一章 碍 子

(自第 1 頁至第 51 頁)

(1)	碍子の必要條件.....	1
70 (2)	碍子の形状.....	2
(3)	碍子破壊の原因.....	12
(4)	碍子の電壓分布.....	14
70 (5)	碍子の保護及電壓分布の改良.....	25
(6)	碍子の發達.....	27
(7)	ポーセレン(碍子の製造).....	31
(8)	碍子の物理的性質.....	37
(9)	磁器内及び釉藥中の結晶.....	40
60 (10)	碍子の試験.....	42
	(i) 工場試験.....	42
	(ii) 野外試験.....	46

第二章 導 體

(自第 52 頁至第 117 頁)

(1)	線番號及び大きさ.....	52
-----	---------------	----

(2) 裸導體..... 58

 (i) 鐵線..... 58

 (ii) 銅線..... 75

 (iii) アルミニウム線..... 87

 (iv) 其他の金屬線..... 97

(3) フューズ・ワイヤ..... 103

(4) 絶縁電線..... 112

(5) 表皮作用..... 112

(6) 溫度上昇と耐流度..... 114

第三章 直流配電線路

(自第128頁至第164頁)

(1) 概論..... 128

(2) 一端のみ饋電せられたる並列直流回路..... 131

(3) 等價距離..... 141

(4) 配電線の兩端より饋電せられたる直流並列回路..... 147

 (a) 兩饋電點の電壓同一なる場合..... 147

 (b) 兩饋電點の電壓の異なる場合..... 152

(5) 二つ以上の饋電點及び多くの交叉點を有する直流回路..... 156

第四章 交流配電線路

(自第165頁至第201頁)

(1) 一端のみより饋電せられたる交流回路..... 165

(2) 兩端より饋電せられたる交流回路..... 173

 (a) 兩饋電點電壓の大きさの異なる場合..... 173

(b) 兩饋電點電壓の等しき場合..... 174

(3) 損失電力を基礎としたる計算..... 184

(4) 電力損失の割合より電壓降下の割合を簡単に知る圖表..... 192

(5) 三相交流三線式の電壓降下..... 194

 (a) Δ -接続..... 194

 (b) Y-接続..... 198

第五章 交直配電線路

(自第202頁至第219頁)

(1) 導體の斷面積に就て..... 202

 (a) 斷面積一定の場合と電流密度一定の場合との容積比較..... 202

 (b) 最も經濟的なる斷面積..... 203

 (c) 分岐導體(直流の場合)..... 205

 (d) 斷面積と電壓との關係..... 208

(2) 饋電點の數及び位置..... 210

(3) 均壓線..... 210

(4) 經濟的方面よりの考察..... 215

(5) 配電方式及び其比較..... 218

 (a) 直流配電と交流配電との比較..... 219

 (b) 單相交流二線式及び直流二線式..... 219

 (c) 直流三線式..... 220

 (d) 三相三線式..... 223

 (e) 三相四線式..... 224

- (f) 二相三線式.....226
- (6) 變壓器の數に就て.....227
- (7) 配電線の絶縁.....232
- (8) 架空配電線路建設.....237
- (9) sine, cosine, tangent 圖の利用.....245

第六章 配電線路の電壓調整其他

(自第250頁至第285頁)

- (1) 遠隔せる所に於ける電壓, 電流電力等の指示装置.....250
- (2) 電壓調整.....252
 - (i) 發電機の電壓を調整する方法.....252
 - (a) チリル調整器.....253
 - (b) オルムステツト調整器.....255
 - (c) フツス調整器.....256
 - (d) テーラスコツトソン調整器.....257
 - (e) チュリー調整器.....257
 - (f) ブラウンボベリ調整器.....258
 - (ii) 饋電線の電壓を調整する方法.....259
 - (A) 直流の場合.....259
 - (a) エンドセル及びブースター.....259
 - (b) ランカシア自働可逆ブースター.....261
 - (c) エンツ自働可逆ブースター.....262
 - (d) ハイファイルト自働可逆ブースター.....263
 - (B) 交流の場合.....263

- (a) 單捲變壓器.....263
- (b) 誘導調整器.....265
- (c) 蓄電地を用ふる方法.....267
- (3) 負荷率, 需要率及び散荷率.....268
- (4) 動力線及び電燈線.....272
- (5) 變壓器の結線法.....278
 - (a) 星形結線及びデルタ型結線.....278
 - (b) V—結線.....279
 - (c) T—結線.....281
 - (d) 三相より六相を得る方法.....282

第七章 保安装置

(自第286頁至第346頁)

- (1) 配電線路に於ける保安装置.....286
 - (A) 配電線路に使用せらるゝ避雷器.....286
 - (a) 多隙避雷器.....287
 - (b) 壓室式避雷器.....289
 - (c) 角型避雷器.....290
 - (d) 種々組合せたるもの.....291
 - (e) 塞流線輪.....292
 - (f) 避雷器の接地に就て.....295
 - (B) リアクタンス線輪.....298
 - (C) 繼電器.....303
 - (a) 繼電器の種類.....303

(b) プランチャー型繼電器.....	306
(c) 誘導型繼電器.....	309
(d) 電力繼電器.....	312
(e) 其他の繼電器.....	315
(D) 平行饋電線の保護.....	319
(E) 放射狀線路の保護.....	323
(F) 環狀線路の保護.....	328
(G) 繼電器用變成器の數及び接續法.....	229
(i) 電流變成器.....	229
(ii) 電壓變成器.....	334
(iii) 電流變成器電壓變成器取扱法.....	334
(2) 油入開閉器油入遮斷器.....	336

第八章 屋内線工事

(自第 347 頁至第 356 頁)

(1) 引込線.....	347
(2) 屋内線工事.....	349
(3) 配線方式.....	353

第九章 送配電線の張力、弛度及び實長に就て

(自第 357 頁至第 379 頁)

(1) 拋物線としての計算.....	357
(2) 送電線の實長.....	360
(3) 兩支點の高さの異なる場合.....	363
(4) 垂曲線としての計算.....	365

(a) y の値.....	369
(b) λ の値.....	369
(c) 弛度 d の値.....	370
(d) T の値.....	370
(e) a の値.....	373
(f) 以上の總括.....	373
(g) 溫度に對する更正.....	375
(h) 張力の變化に對する更正.....	376
(i) a を常數とせる事につきて.....	377
(j) 兩支點の高さの異なる場合.....	379

第十章 地中線路

(自第 380 頁至第 454 頁)

(1) 地中電纜の種類.....	380
(2) 電纜の絶縁及び電位傾度.....	388
(3) 渦流.....	394
(4) 單心及び三心電纜の比較.....	399
(5) 安全電流.....	400
(6) 電纜布設法.....	402
(7) 電纜の接續法.....	405
(8) 電氣協會地中電線路建設要則案.....	407
(9) 地中線故障箇所試験.....	426
附 各種電纜表.....	427

第十一章 誘導係数及び静電容量

(自第 455 頁至第 492 頁)

- (1) 自己誘導係数及び相互誘導係数.....455
- (2) 静電容量.....470
- (A) 往復兩線間の静電容量.....470
- (B) 大地に平行せる一線導体の静電容量.....475
- (C) 大地に平行せる二線の静電容量.....476
- (D) 三相三線式の静電容量.....481
- (3) 以上の概要.....490

第十二章 附 録

(自第 493 頁至第 533 頁)

- (1) 問 題.....493
- (2) 圓函數及双曲線函數の公式.....528

以 上



最新電力輸送及配電

配電篇

工學士 荒井源三郎著

第一章 碍 子

1. 碍子の必要條件

- (イ) 規定電壓に充分耐へ其性質を永久變ぜざる事。
- (ロ) 漏洩電流小にして大氣に對し腐蝕せられざる表面を有する事。
- (ハ) 機械的外力に對して充分なる力を有する事。
- (ニ) 溫度の變化に對し破壊せざる事。
- (ホ) 一定の電壓に對し重量、大さ等小にして運搬取扱等に便なる事。
- (ヘ) 大量生産可能のものにして安價に需め得る事。

以上の諸條件の凡を満足せしむる物質及び形狀を有するものは皆無なり。現在の狀態に於ては、不満足ながら物質としてポーセレンを使用し、形に於ては懸垂碍子の如きものを用ひざるを得ず。

然しながら不斷の研究はやがて優良なる碍子を發見するに至るべし。

2. 碍子の形状

今日使用せられ居るものを掲ぐれば次の如し。

(イ) ピン型碍子 (pin type insulator)

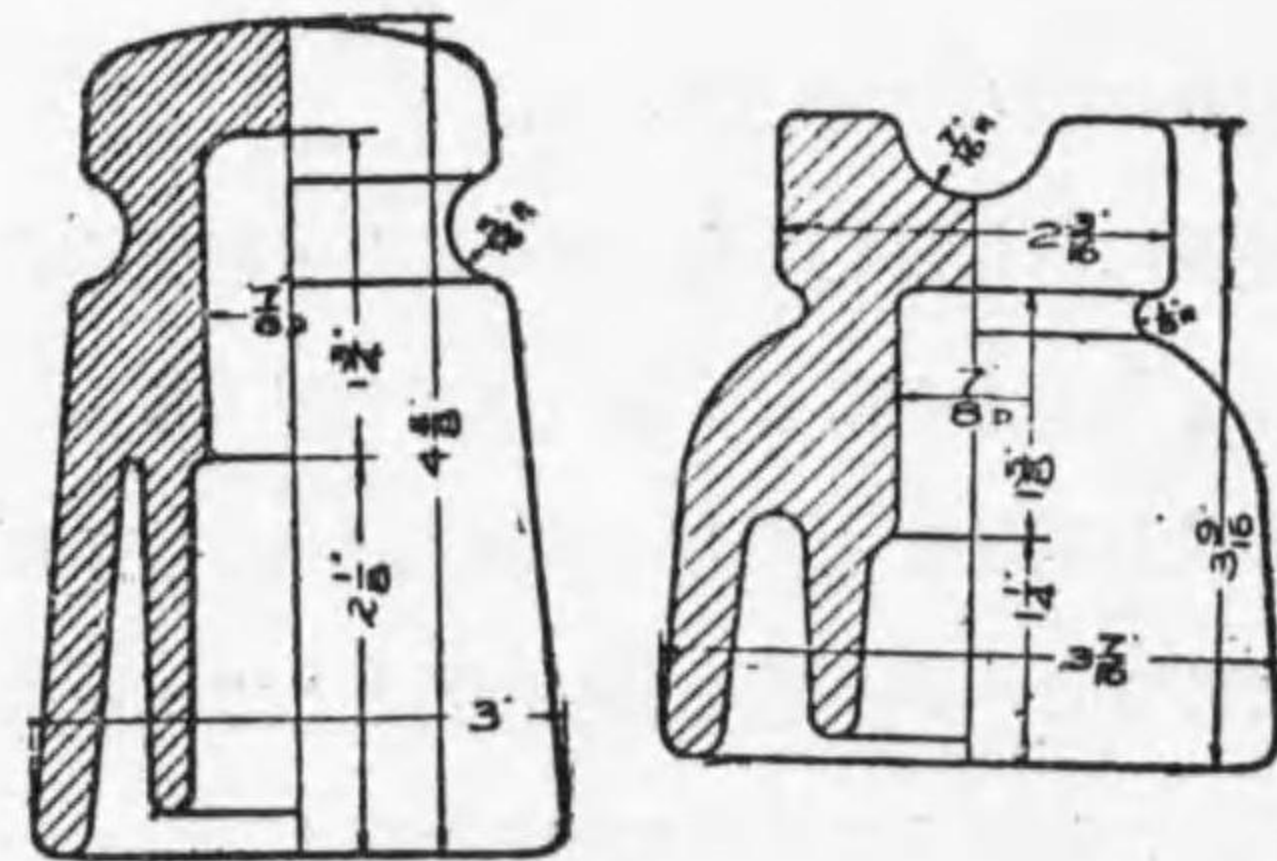
(ロ) 懸垂碍子 (suspension type insulator)

- { 帽子型 (cap and pin type or desk type)
- { 交鎖型 (interlink type or Hewlett type)
- { 複帽型 (double cap type)
- { 其他 (Jeffry Dewitt type) 等あり

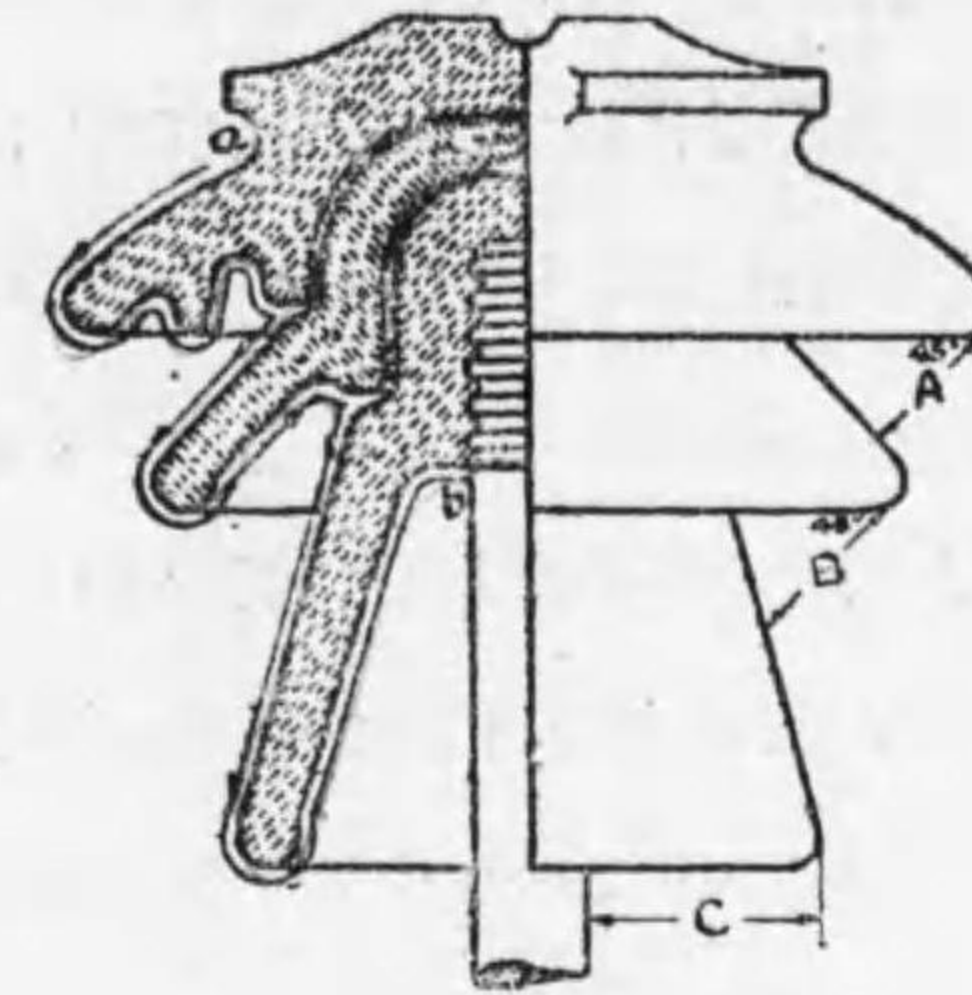
(ハ) 柱状碍子 (post type insulator)

- { ピン型柱状碍子 (pin type post or pillar insulator)
- { 懸垂型柱状碍子 (suspension type post or pillar insulator)

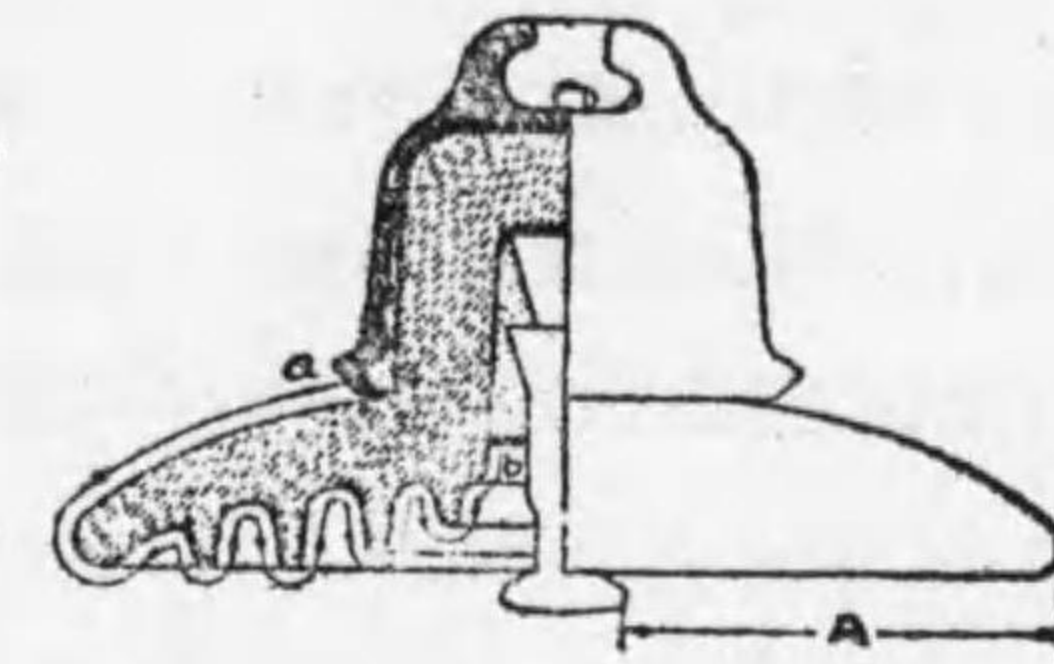
ピン型碍子 第1圖, 第2圖, 第3圖及び第4圖の如きものにして, 第1圖は通信用低壓のもの, 第2圖は普通高壓に用ふるもの, 第3圖及び第4圖は特別高壓に用ふるものなり。



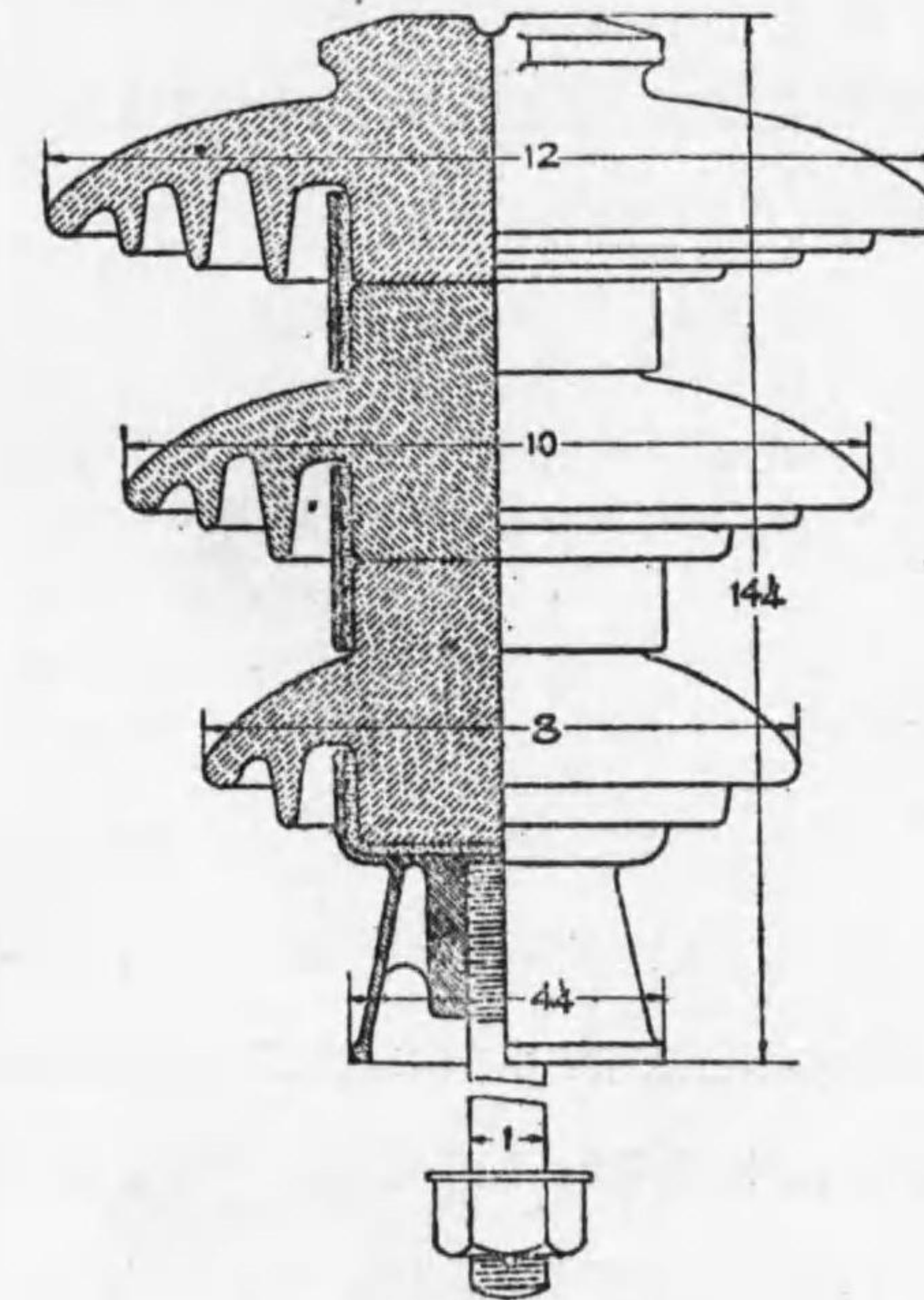
第1圖 低壓通信用ピン型碍子 第2圖 普通高壓ピン型碍子



第3圖 特別高壓ピン型碍子



第5圖 懸垂碍子の一種



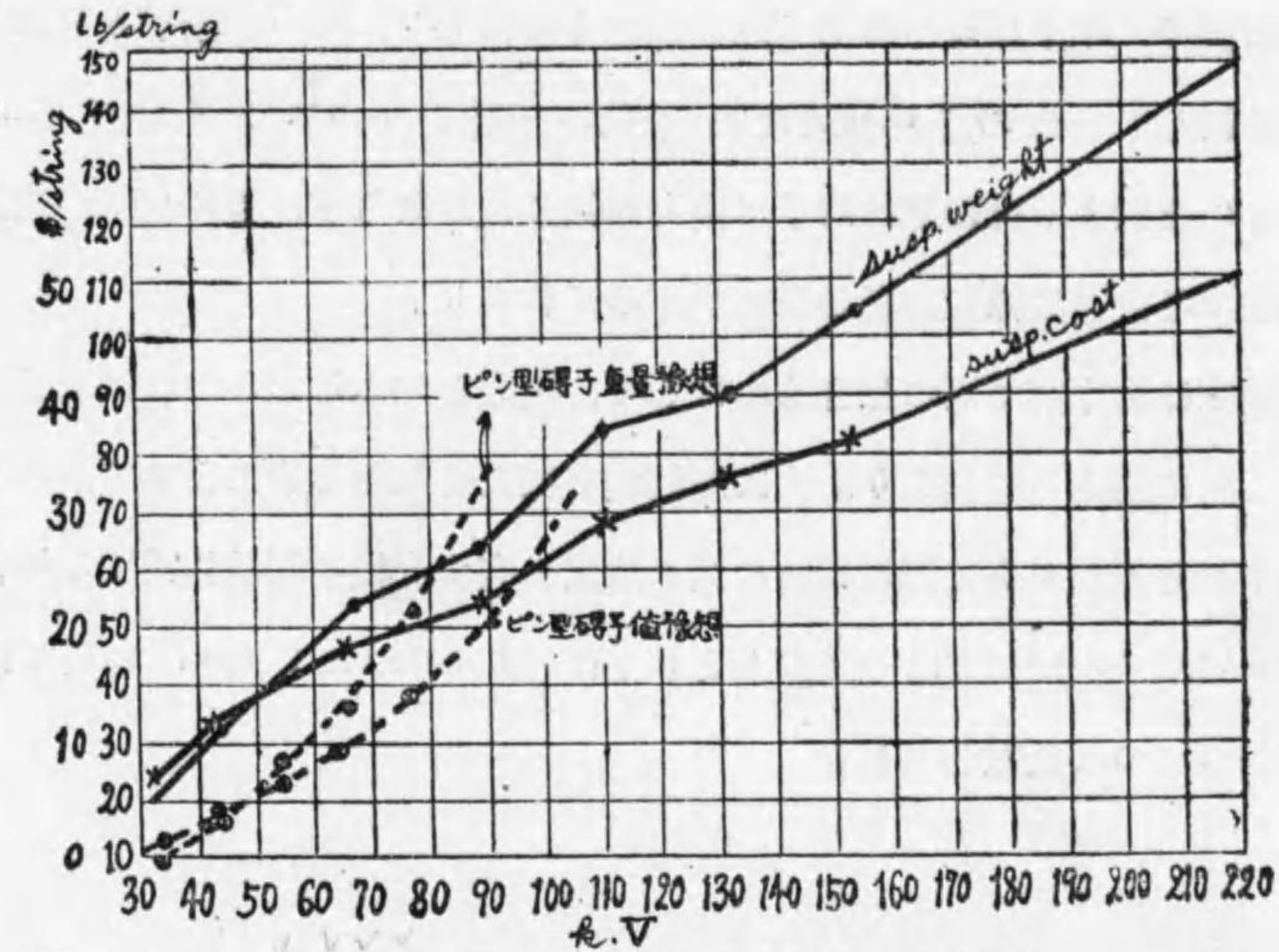
第4圖 特別高壓用ピン型碍子

第5圖は懸垂碍子の一種なり。abの線の長さを leakage length, A+B+Cの長さを arcing distance といふ。懸垂碍子に於ては B 及び C は零なり。電壓の大なるに従て大さ及び價を増加する事次の如し。ピン型碍子の經濟上の最大限度は 70 000 V 内外なり。第6圖に於けるピン型碍子と比較せる懸垂碍子は一個 20 000V 用帽子型懸垂碍子にして一個 10.5 lbs とし、其の價は \$3.63 なりとす。(30 000 V 用のもの目方は 11 lbs.) 而して次の表の如く懸垂碍子を用ふるものとせり。(Westinghouse 社推薦)

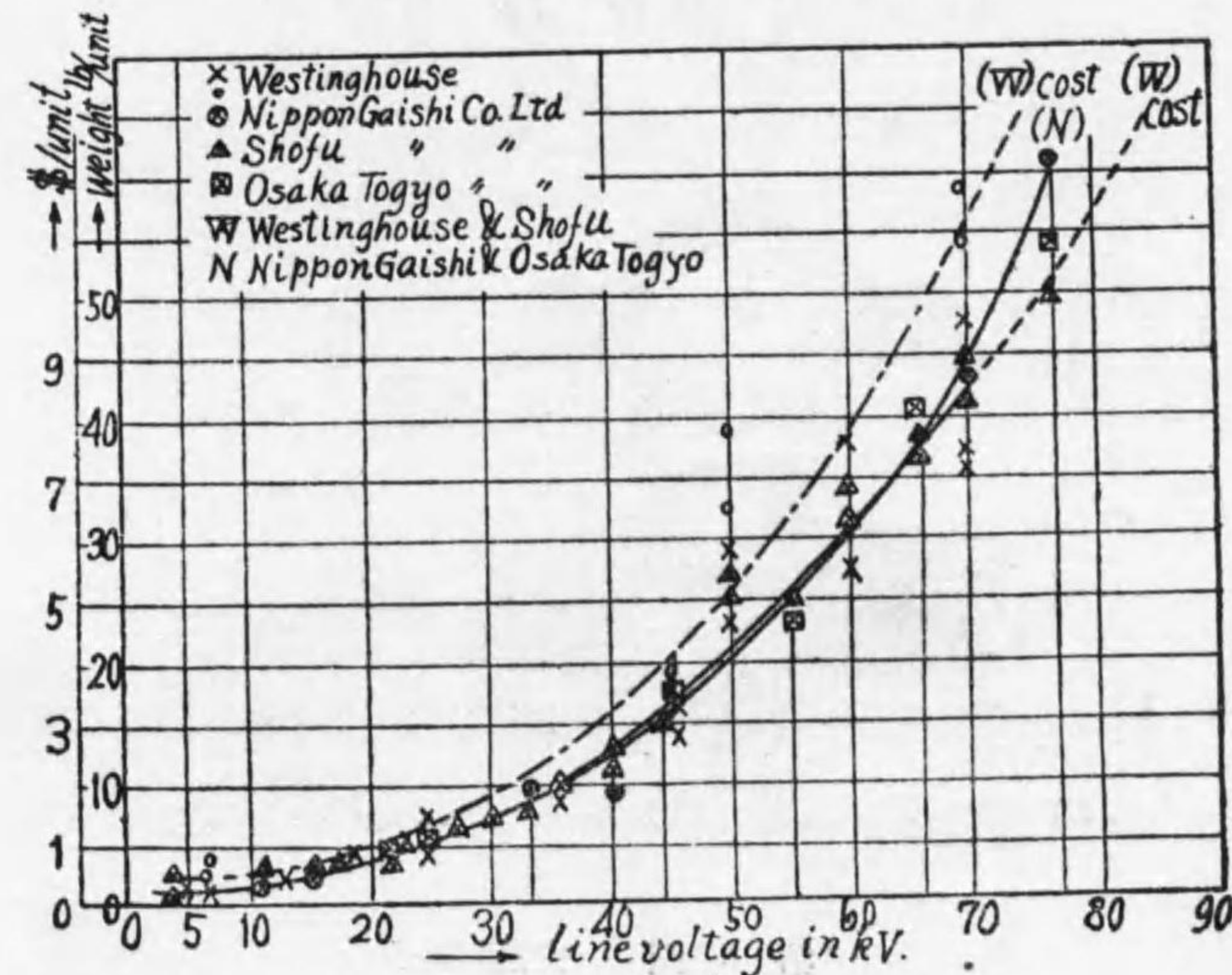
第 1 表

V	普通の所	strain のかかる所	普通個所に於ける使用碍子の重量の和	價
33 000	2	3	21.0 lbs	7.26\$
44 000	3	4	31.5	11.89
66 000	5	6	52.5	18.15
88 000	6	7	63.0	21.78
110 000	8	9	84.0	29.04
132 000	9	10	94.5	32.76
154 000	10	11	105.0	36.30
220 000	14	15	147.0	50.82

以上は 20 000 volt 用の懸垂碍子を用ひたれども、30 000 volt のものを用ふれば第6圖の曲線はより低き點に於て交叉す可し。又一個の碍子の重量大なるは、型の大なる事を意味するものなれば、運搬取扱等に不便に且破損し易し。之ピン型碍子に於ては、懸垂碍子の一の破損は一連の一部分なれば割合に安價なるに反し、一の破損は全體の破損にして使用電壓の高まるに従て其損失大となる故に、全體の經濟上より上記の限度を適當とす。



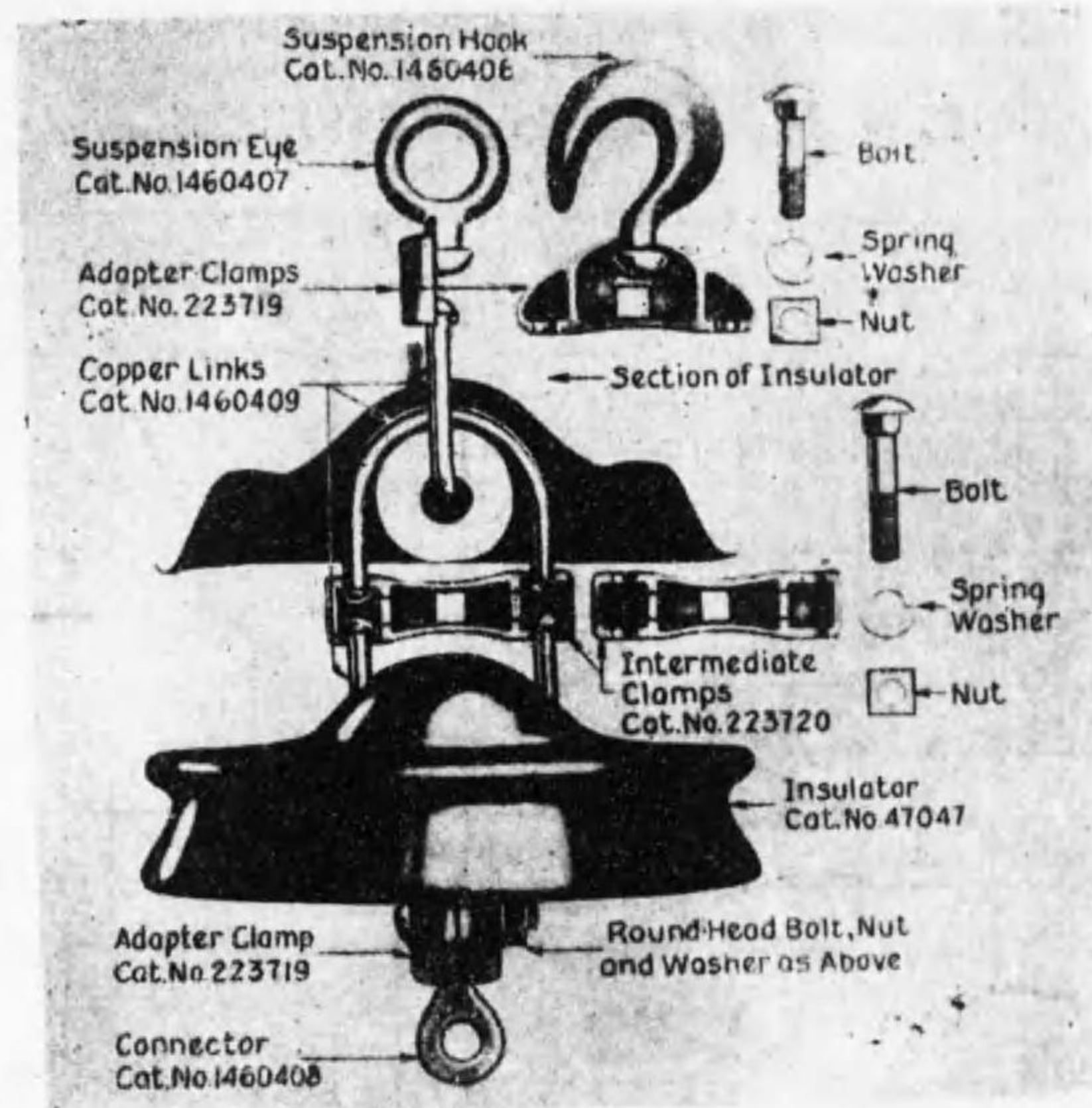
第 6 圖 ピン型碍子及懸垂碍子比較圖



第 7 圖 ピン型碍子重量及價格

懸垂碍子 帽子型碍子は第5圖の如きものにして、ピンと帽子とを以て數個連結して一組の絶縁體となる。此の一連を一のストリング (one string) と云ふ。此の型は碍子に張力が掛るのみならず、セメントの内部に介在する故膨脹係數の異なる爲破損する恐れあり。

交鎖型は全く第8圖の如きものにして、壓力を如ふるのみなれば重量の大なる所に用ふるに利あり。次に連結鎖を交叉せしむる事によりて、多少改善するを得れども猶閃越電壓の低き缺點を有す。従て閃越放電する場合アークは帽子型に於ては一連の上より下に連り Hewlett type に於ては碍子一つ一つに放電し易し。



第 8 圖 交鎖型碍子

第 2 表

The Hewlett link insulator (G. E. Co.)					
number of insulator	voltage to dry arc over	net weight complete string	recommended line voltage per string		
			sea level	1 001' to 4 000'	4 001' to 10 000'
	V	lb	V	V	V
1	75 000	14.4	—	—	—
2	145 000	26.3	33 000	33 000	33 000
3	205 000	38.2	44 000	44 000	—
4	260 000	50.0	66 000	66 000	44 000
5	315 000	61.9	88 000	—	66 000
6	365 000	73.8	110 000	88 000	—
7	410 000	85.7	132 000	110 000	88 000
8	455 000	97.6	—	132 000	—
9	495 000	109.0	154 000	—	110 000
10	535 000	121.0	—	154 000	—

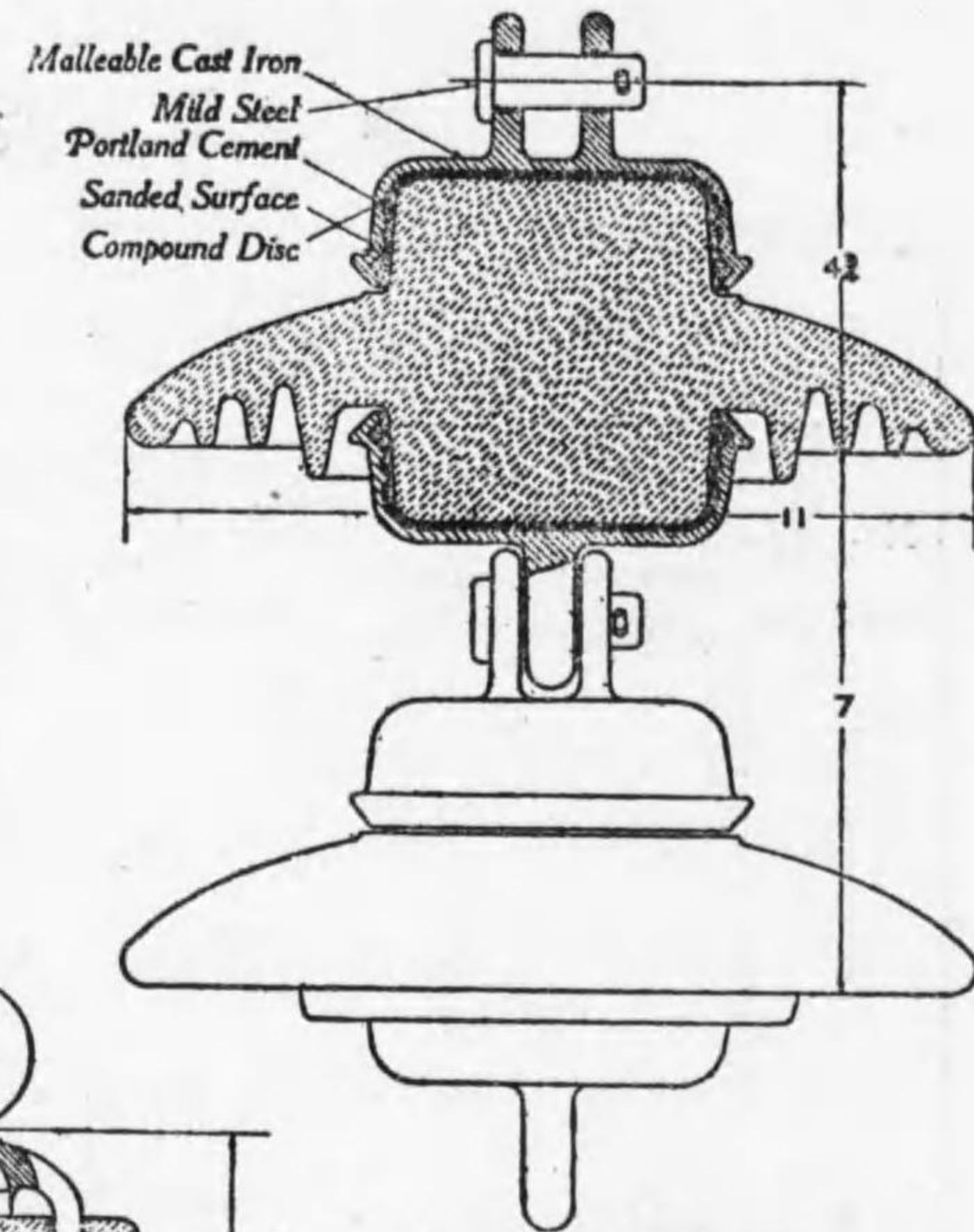
第 3 表

Standard type susp. line insulator (A社)						
No. of insulator	voltage to dry arc over	net weight complete string	recomonmend line voltage			total length of one string
			sea level	1001'~4 000'	4 001'~10 000'	
1	V 80 000	lb. 12.1	V —	4~13% lower sea level	13~28% lower sea level	5 3/4"
2	156 000	24.2	25 000	" V	" V	11 1/2"
3	220 000	36.3	44 000	"	"	17 1/4"
4	275 000	48.4	66 000	"	"	23"
5	323 000	50.5	77 000	"	"	28 3/4"
6	366 000	62.6	—	"	"	34 1/2"
7	404 000	74.7	110 000	"	"	40 1/4"
8	440 000	86.8	—	"	"	46"
9	490 000	98.9	—	"	"	51 3/4"
01	540 000	111.0	154 000	"	"	57 1/2"
11	585 000	123.1	—	"	"	63 1/4"

第 4 表

Standard type of susp. line insulator (B社)						
No. of insulator	dry arc over voltage	wet arc over voltage	recommended line voltage (star connection neutral earth)			total length of one string
			sea level at 45°C	1001'~40 000' at 35°C	4000'~10 000' at 25°C	
1	86 000	52 000	25 000	25 000	22 000	one unit 5 3/4"
2	168 000	95 000	45 000	44 000	44 000	two units 11 1/2"
3	220 000	145 000	66 000	66 000		
4	265 000	193 000	77 000	77 000	77 000	
5	321 000	238 000				
6	} 以上は實測の平均による(但し 200 K.V.以上は一回の實測なり)	同 上	110 000	110 000	110 000	
7						
8				110 000		
9						
10		154 000	154 000	154 000		
11						

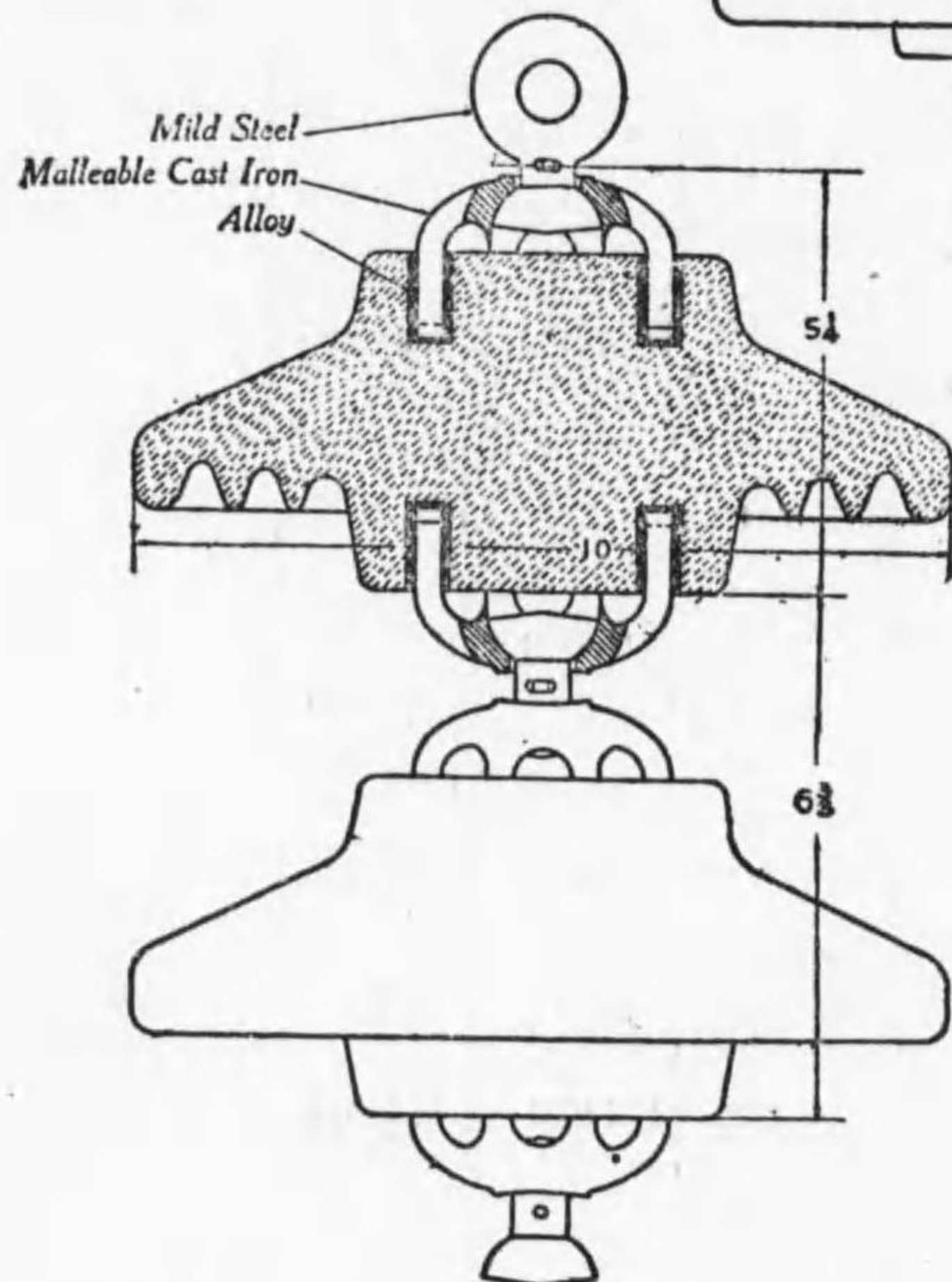
複帽碍子は帽子型碍子のセメントの内部にありて、碍子に龜裂を生ずる缺點を除かんが爲に考案せられしものにして、第9圖の如く兩端に帽子を有す。従て上下の帽子の距離は小となり、單一の帽子型より10%程閃越



第9圖 複帽子型碍子

電壓の下る不利あり。

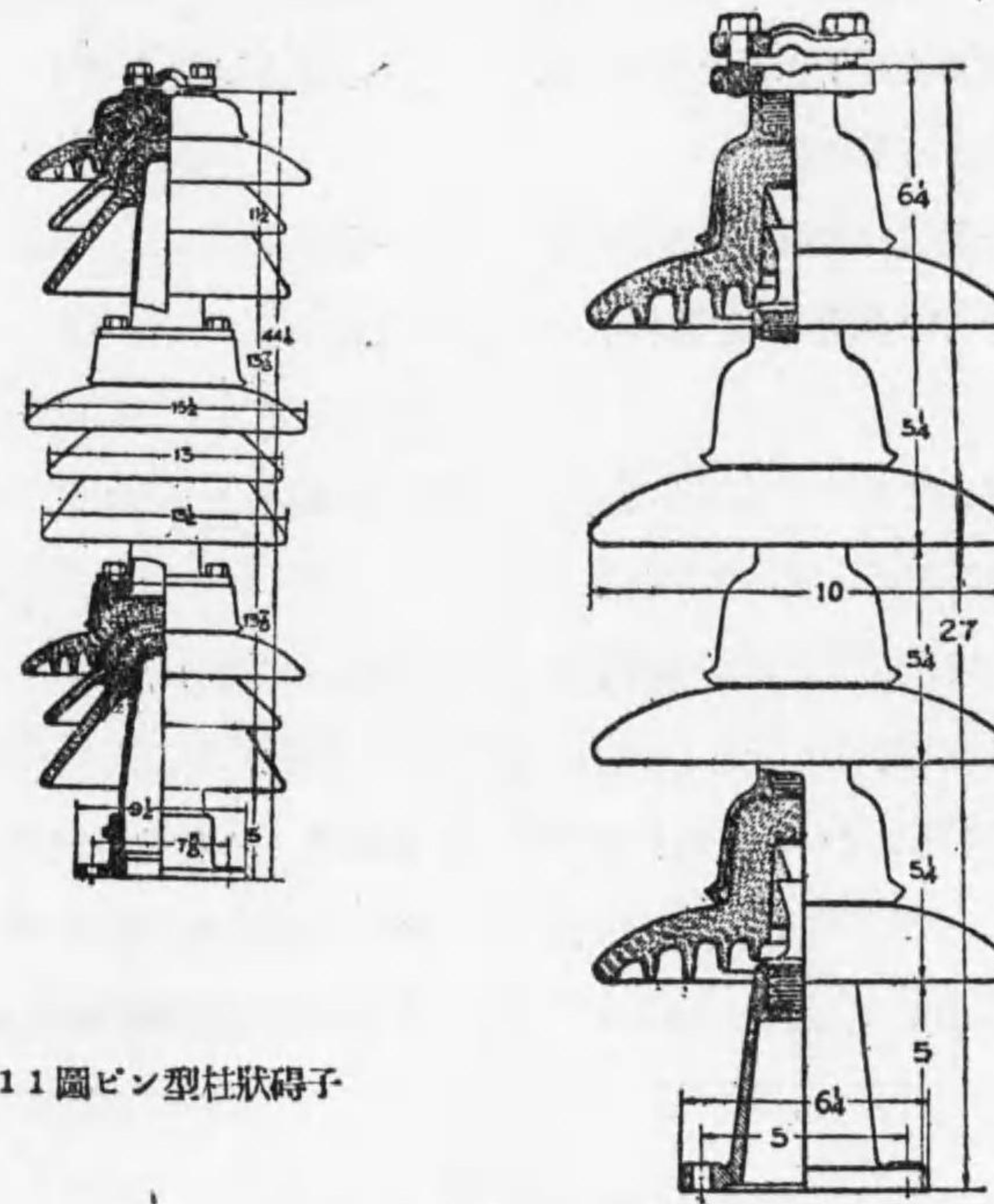
ジェフリーデウイツト型碍子 第10圖の如きものなれば各碍子の静電容量を増大し、一連の碍子の各碍子に係る電壓を接近せしめ能率を大にする事を得れども張力に對して弱し。



第10圖 ジェフリーデウイツト型碍子

柱狀碍子 此の碍子は

ピン型碍子と懸垂碍子の中間に位するものにして、第11圖及び第12圖の如きものなり。ピン型碍子の大きなるものを製造する事困難なれば數個組合せて高壓に堪えしむるなり。



第11圖 ピン型柱狀碍子

第12圖 懸垂型柱狀碍子

懸垂碍子とピン碍子の比較

懸垂碍子	ピン型碍子
1. ある程度までは電圧の変化あるも碍子の数を増加せば應ずる事を得。	1. 線電圧の變る毎に設計の異なるを用ふるを要す。
2. 一箇所の破損は一連の碍子の中一個を取換ふれば足る。	2. 一箇所の破損は一個の破損となり損失大なり。
3. ピン型より送電線路に於て架設並に取換に困難なり。	3. 懸垂碍子より易し。
4. 鐵塔の高さはピン型碍子を用ふる時より大となる。	4. 割合に小なり。
5. 送電電壓の高き時に利あり。33 000 V より現在 220 000 V 迄を用ふる。	5. 經濟上大さ其他の関係より送電電壓の低き時に利あり最高限度は 77 000V 位なり。

3. 碍子破壊の原因

- (1) 物質内に起り居る内部歪。
- (2) 磁器、金具及びセメントの膨脹係數の相違。
- (3) 磁器の中に於ける氣泡の存在。

- (4) 表面漏洩の不均一。
- (5) 靜電電場の不均一。
- (6) 物質内に存在する結晶の溫度による變化によるもの。
- (7) 機械的原因。(取扱、投石、彈丸等による)
- (8) 碍子物質の粗悪に原因する張力、壓縮力に對する強度小。
- (9) 鳥獸の短絡。
- (10) 雷の被害。
- (11) 時を経るに従ひて自然に生ずる破壊

(1) の原因は碍子の厚みを制限し、冷却の際注意する事によりて改善せらる。碍子焼成後冷却の際外部より固まる。内部は外部の固體となりて後に冷却收縮せんとして initial strain を生ずるなり。此の厚みを小にせば小にする事を得。現在に於ける最大の厚みは 25 m.m. 内外なり。

(2) の膨脹係數の相違は次の如し。参考の爲め他の二三種と共に掲ぐ。

線膨脹係數 (攝氏 1° に付き)

pyrex glass	0.000 0032
porcelain	0.000 0036
hard glass	0.000 0077
soft glass	0.000 0085
cast iron	0.000 0102
soft iron	0.000 0114
Portland cement	0.000 0121
lead	0.000 0276

此中セメントは硬化し始めしより二三年の間に收縮しつゝ安定状態とな

れども、外氣の濕氣を吸収する爲と温度の爲め最細に占めしより大なる容積を占め、大なる力を加ふるものなり（此の硬化に對する容積の變化の様は Electric world 1924 vol 83. p. 575—576 参照）。

(3) の氣泡の除去は碍子製造法中の條に述べ可し。

(4) の原因は碍子表面の形狀、釉藥の分布の不均一によるものにして、碍子製造の條参照。

(5) の靜電電場の不均一は碍子全體の寸法に對して閃越電壓を下げ、閃越に次で碍子破壊を生ず。

(6) の結晶の項は結晶の條参照。

(7) 取扱に際して破損する割合最も大にして設計に對し大さ形等に関し注意を要す。

(8) 原料の割合、焼成の温度に關する故、製造の條参照。

(9) はピンの長さ、塔と碍子との距離を大にすればさげ得らる。

(10) 雷の被害に對しては arcing ring を附せば破壊する事なく放電する事を得。

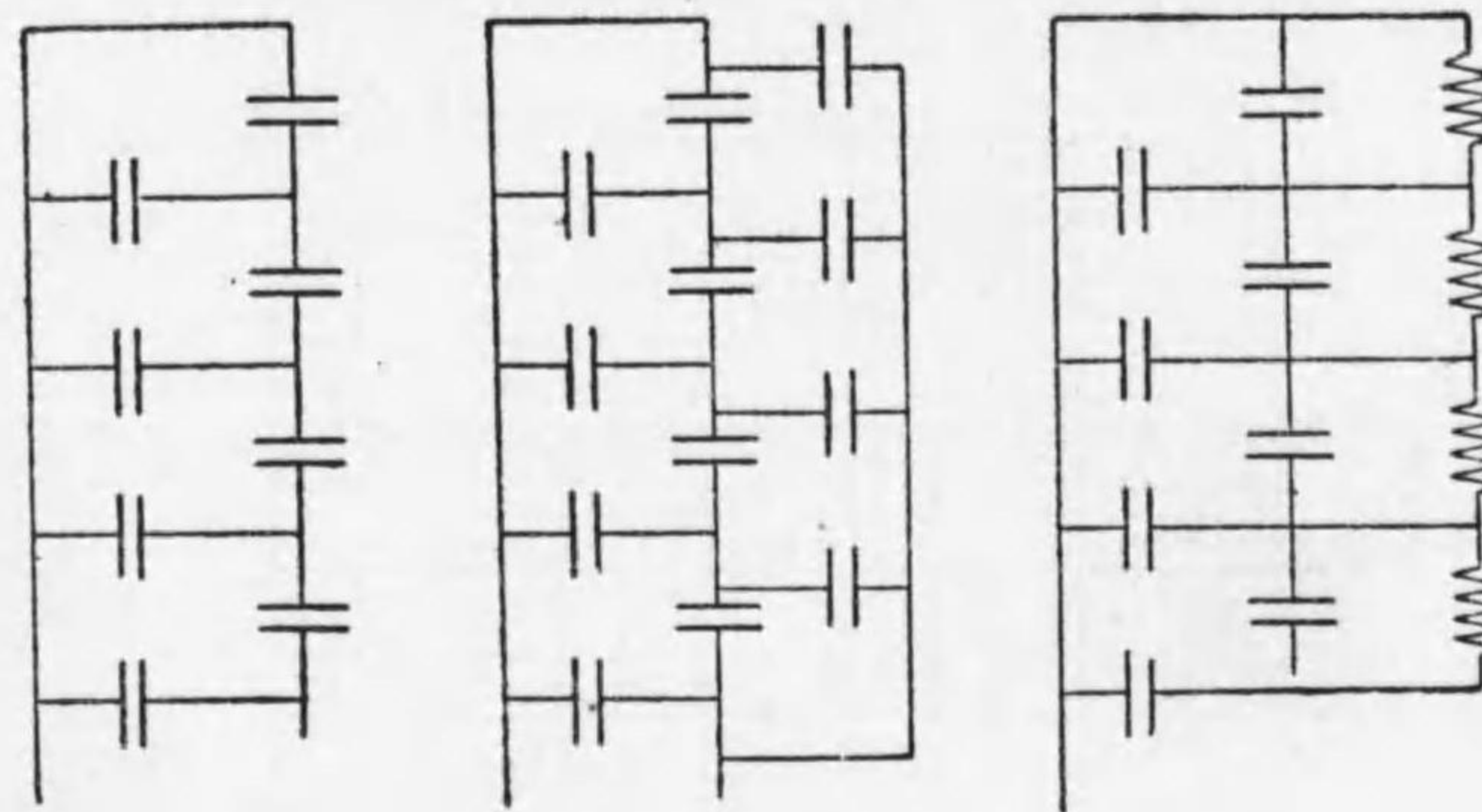
(11) の原因は時を経るに従ひて、碍子を形成せる物質の安定状態になる爲に歪を生ずるによるものにしてそれが破壊の原因となるものと思はる。

4. 碍子の電壓分布

碍子は一の漏洩電流ある靜電容量と考ふる事を得。ピン型碍子に於ては各棒一つを一の容量と絶縁抵抗を有するものと思ふ事を得。

懸垂碍子に於ては第 13 圖の如く考へ、或は猶完全に第 14 圖第 15 圖

の如く考ふ。各碍子の直列に考へし容量と、大地に對する容量等は、電壓の分布に影響するものにして、懸垂碍子の場合に於て線に近き所は大なる



第 13 圖 第 14 圖 第 15 圖
懸垂碍子の等價回路

電壓を負ひ、中點に於ては割合小なり。従て n 個ある一連の懸垂碍子も一の碍子の時に耐える電壓の n 倍の電壓に耐える事を得ず。必ず之より減す。此の能率を表はすに string efficiency なる語を用ふ。

η を string efficiency とせば

$$\eta = \frac{e_n}{n \cdot e} \times 100 \quad \text{を以て表はす。}$$

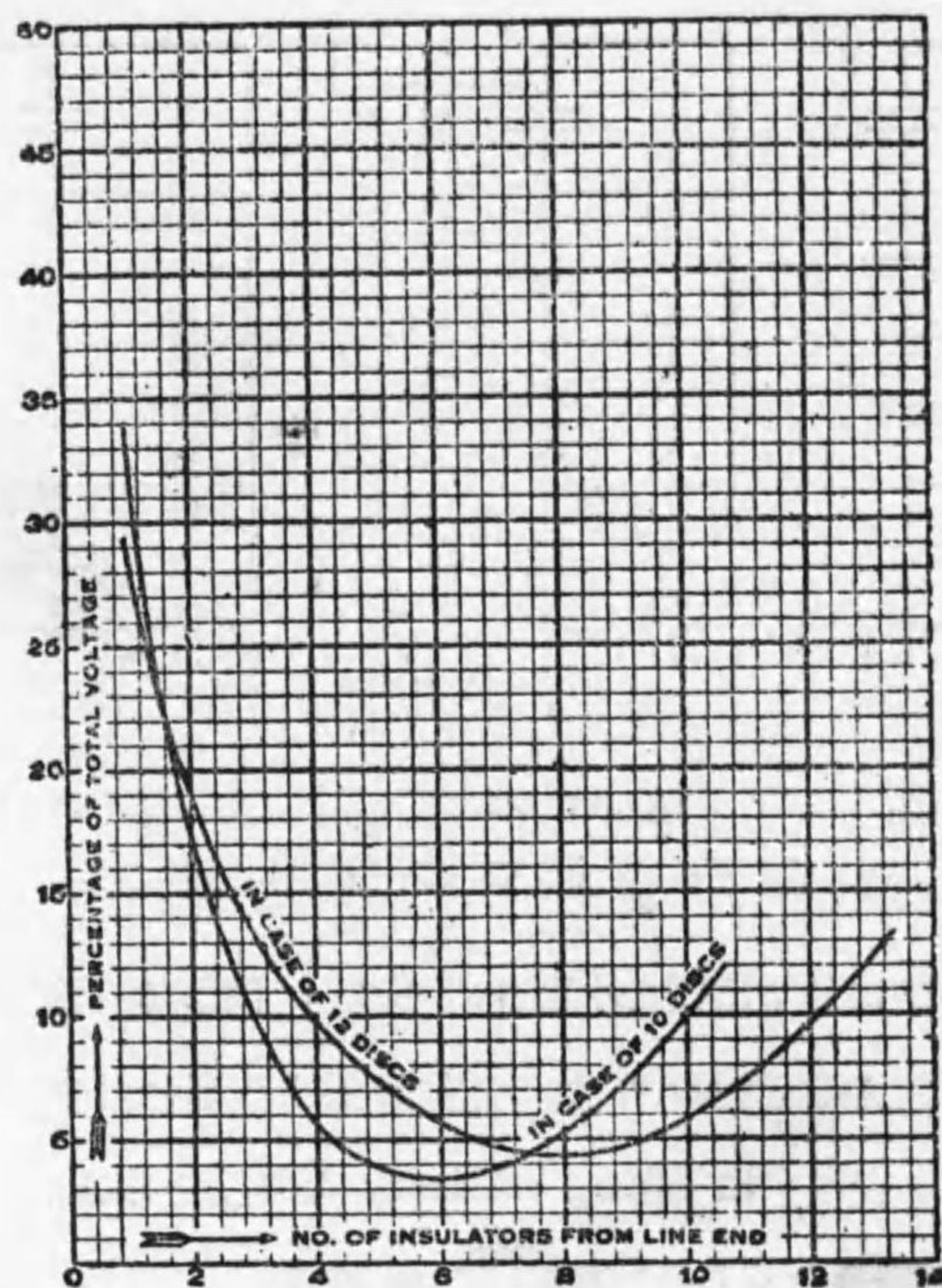
e_n n 個を一連として有する碍子の一組の閃越電壓

e 一個の碍子の閃越電壓

n 一連の碍子の數

第 1 表によりて、碍子の數の割合に使用電壓の上らざるを見られたし。雨天の際に於ては表面漏洩電流により多少緩和せられ、注雨試験の

一の碍子の成績と、 n 個一連とせるものとの成績とは、乾燥せる場合よりよろし。次に二三之に對して圖式解法を以て其概念を得んとす。



第 16 圖 懸垂碍子の電壓分布

圖式解法

一の condenser の容量を C とし、兩端に p なる電壓が加へられ、其時の電流を i を以て示す時は

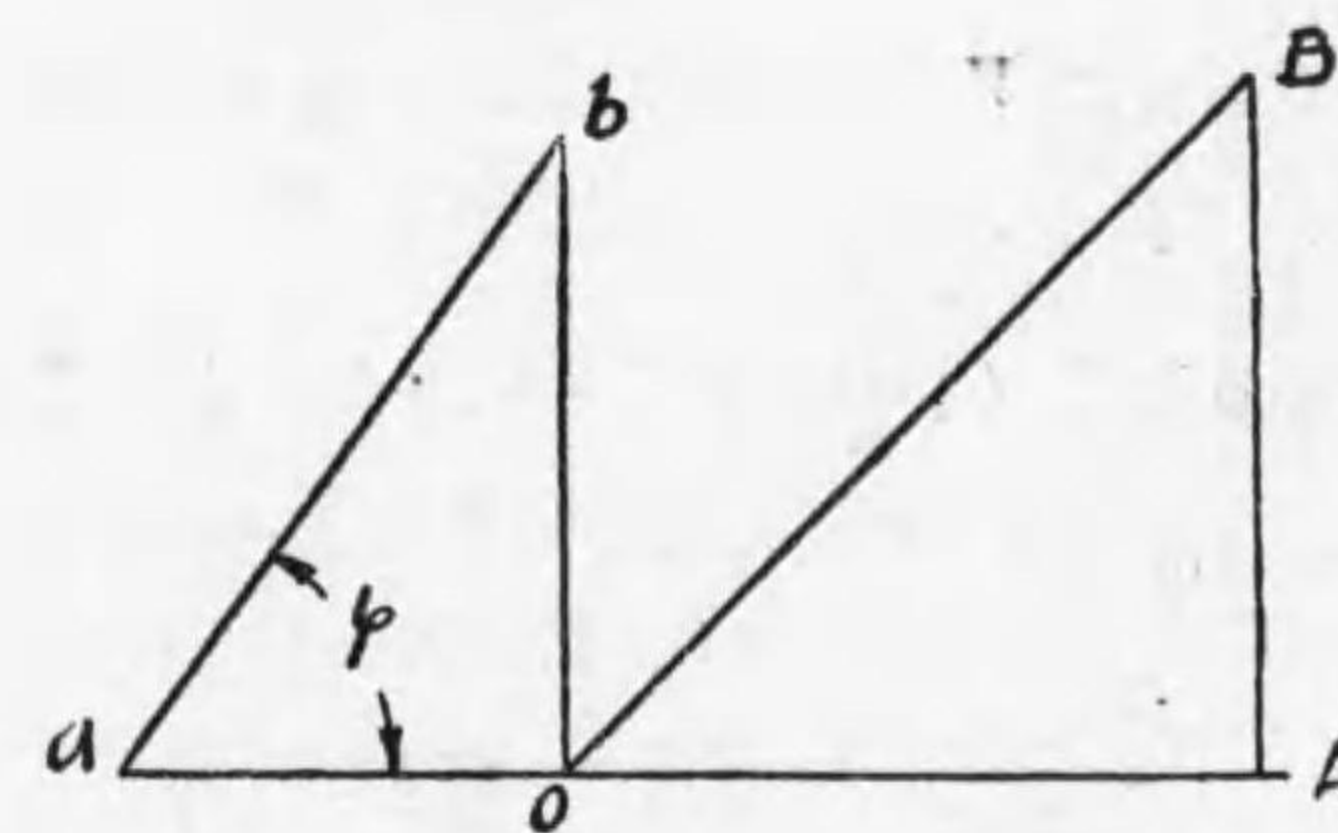
$$q = \int idt \quad p = \frac{q}{C} = \frac{1}{C} \int idt$$

i を一定ならしむる様電壓 p を變化するものとせば

$$p = \frac{1}{C} it + p_0$$

丁度 1 秒後に於て $p = \frac{1}{C} i$ なる可き様選べば、 p に対しては $p_0 = 0$ にして 1 秒後に於ける電壓と電流の關係は

$$p = \frac{1}{C} i \quad \text{となる}$$



第 17 圖 靜電容量の電壓と電流

即ち p と i とは比例す今第 17 圖に於て

$$oa = C \quad ob = 1 \quad oA = i$$

とせば、

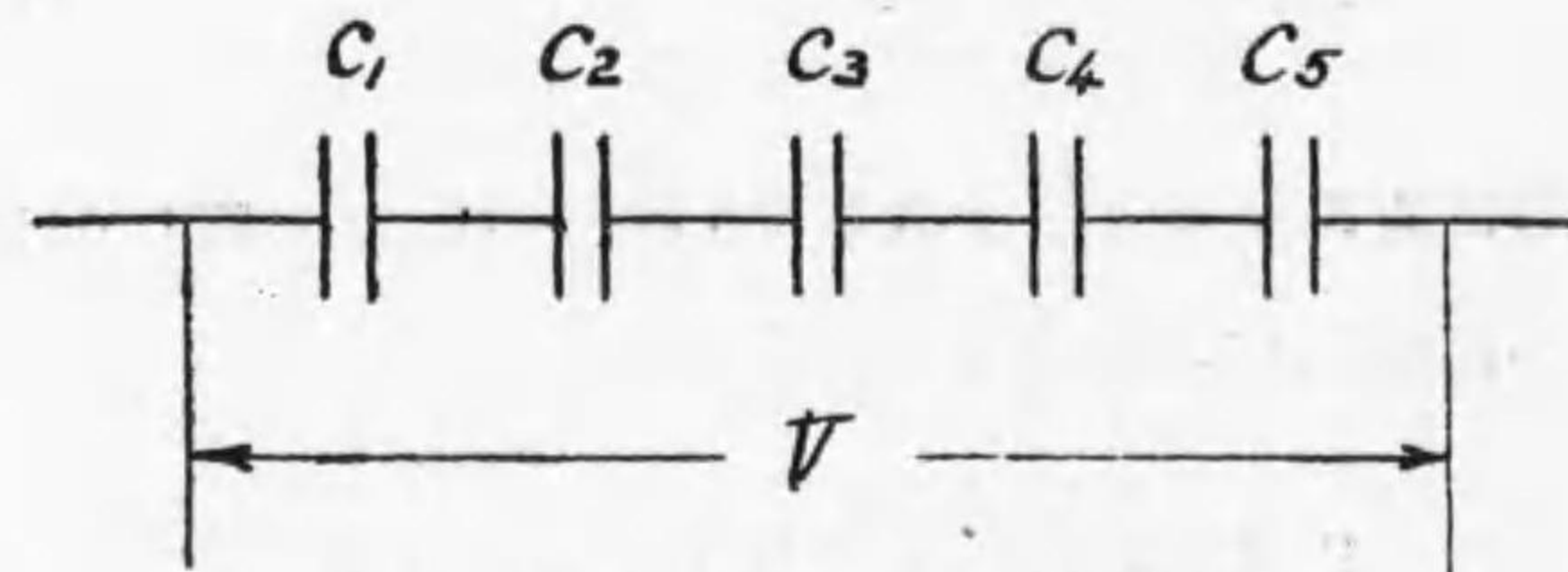
$$\tan \varphi = \frac{1}{C}$$

oB を ab に平行にとれば、

$$AB = i \tan \varphi = \frac{1}{C} i$$

となり、其時の potential を示す。此理論を應用せば簡單なる場合の圖上計算をする事を得。

例

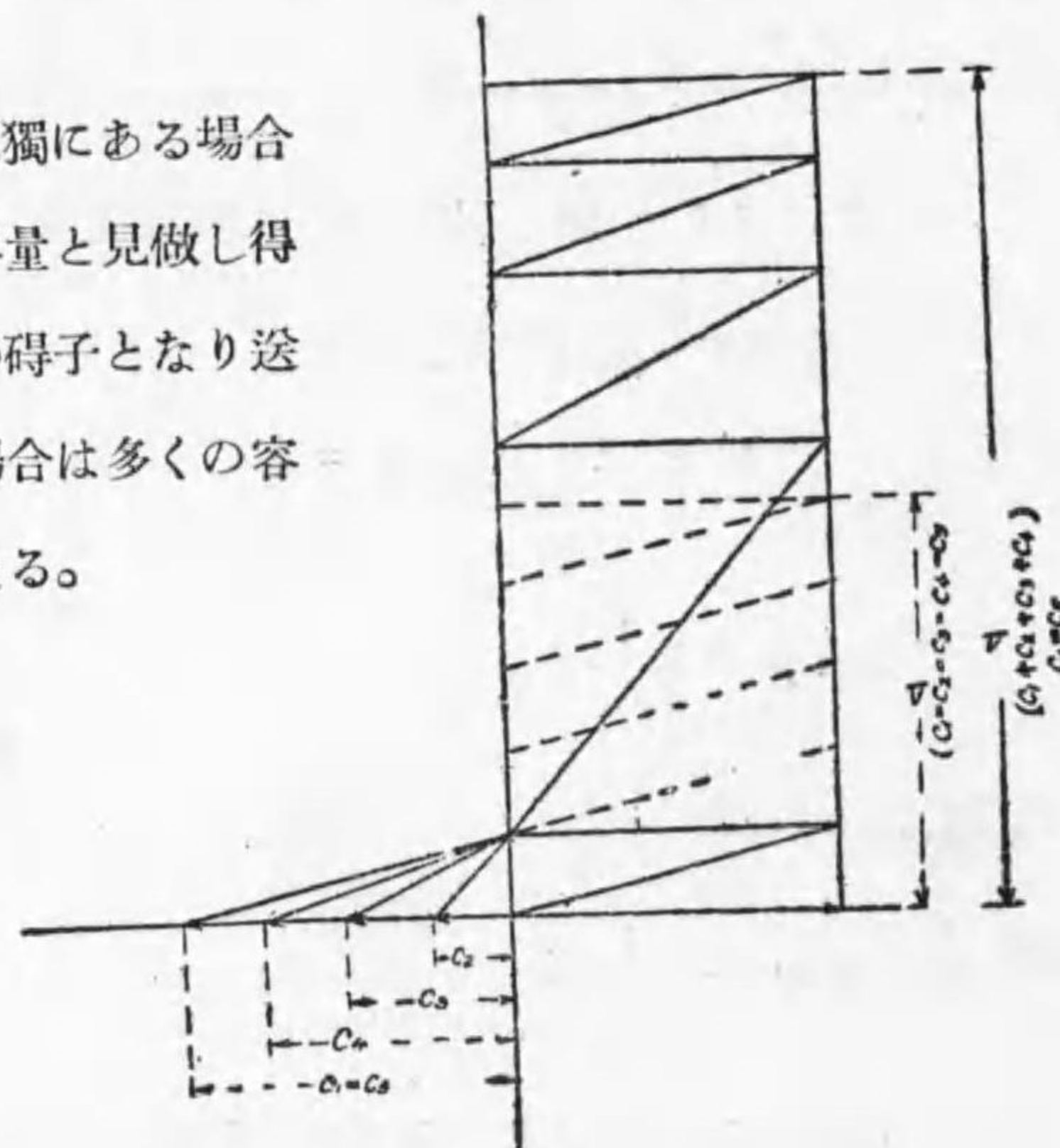


第 18 圖 直列静電容量

上圖の如き蓄電器群に V なる電圧の掛れる時、各静電容量に掛る電圧を求む。

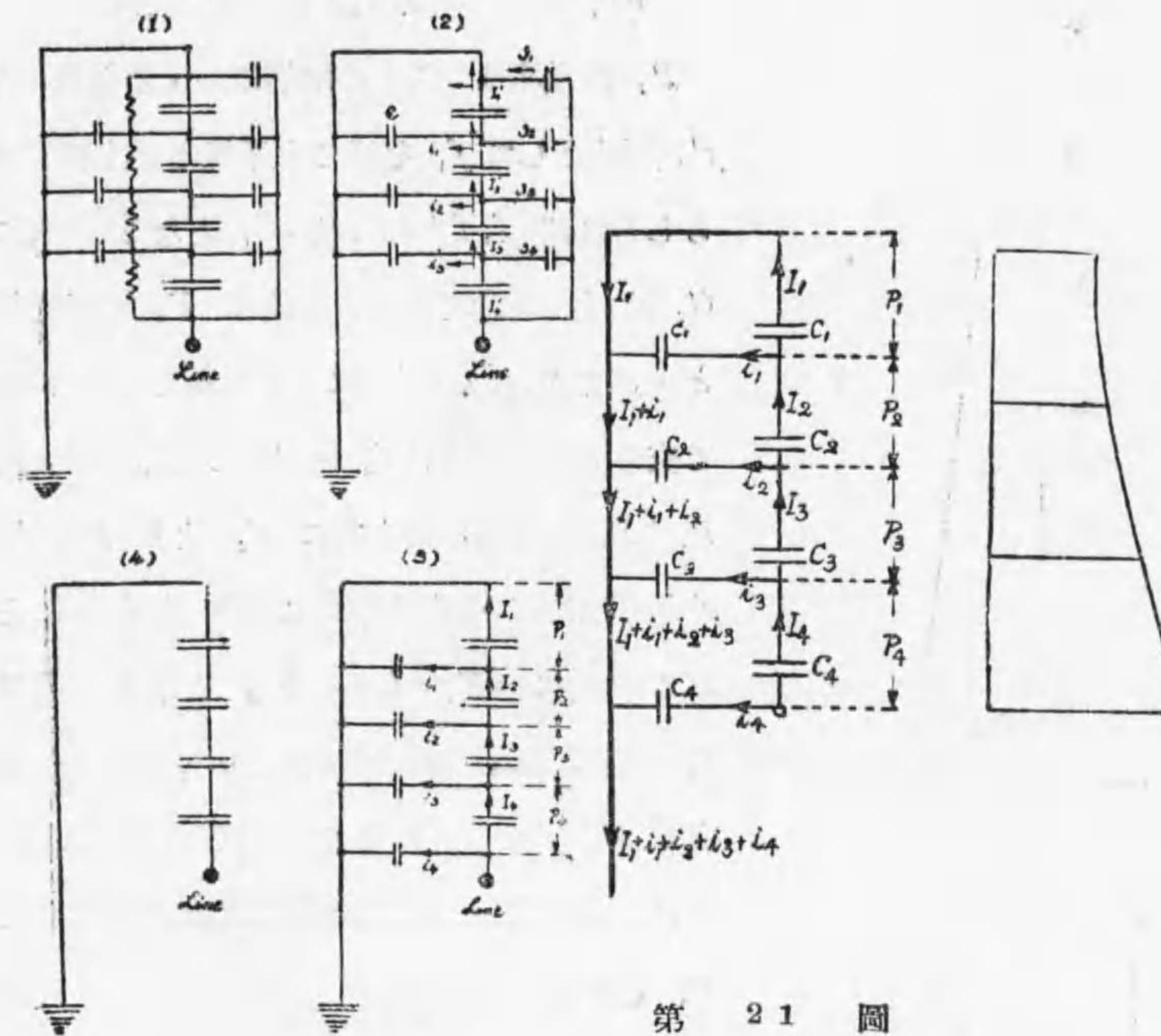
第 19 圖に示せる如く $C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = C_5$ とせば各静電容量に掛る電圧相等しく、各静電容量の異なる場合に於ては其の電圧には非常の相違あり。

懸垂碍子は單獨にある場合は一つの静電容量と見做し得れども、一連の碍子となり送電線に用ふる場合は多くの容量の組合せとなる。



第 19 圖 直列静電容量の圖式計算法

次に示す第 20 圖の (1), (2), (3), 等は其一例なり。(4) は簡単なれども實際と遠し。(1) は完全なれども餘りに複雑なり。故に (2) 及び (3) に就きて考ふることをす。

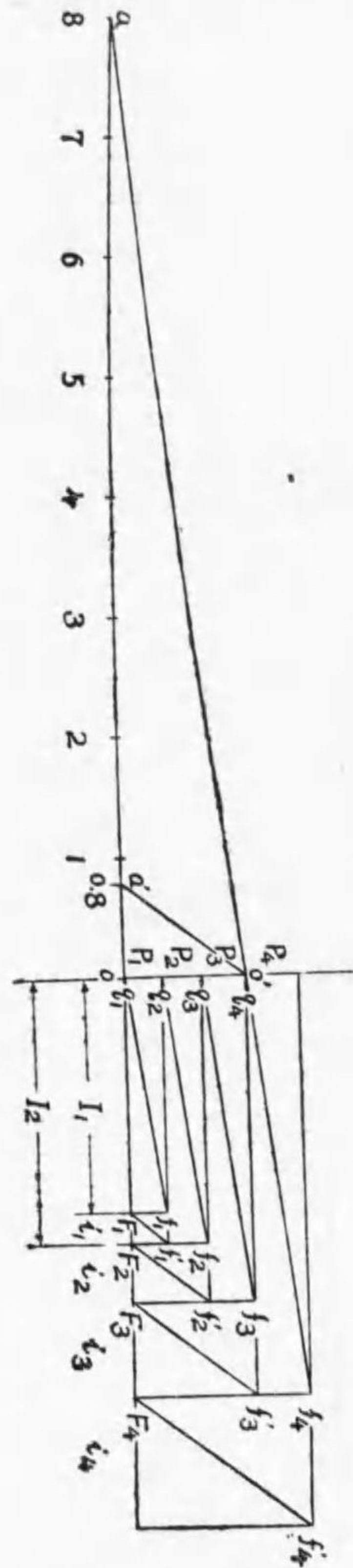


第 20 圖
懸垂碍子の等価回路

第 21 圖
前圖(3)の場合の詳細圖

(3) の場合..... $C = C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = 0.00008 \text{ mf}$

$$c = c_1 = c_2 = c_3 = c_4 = \frac{Q}{10}$$



第22圖 第21圖の圖式解法

とせば第 22 圖の如くなる。

先づ oo' を 1 とし $oa'=c$ $oa=C$ とし oF_1 を I_1 とし任意の長さにとる

$of_1//ao'$ とせば $f_1F_1=P_1$ となる

P_1 の電圧は C_1 の両端にかゝる故に F_2 $f_1//a'o'$ として f_1 を通る水平線と f_1' にて交らしむれば $f_1f_1'=F_1F_2=i_1$ となる。次に C_2 は I_2 の電流を通ずる故に F_2 の垂直線と q_2 より $q_2f_2//o'a$ にとりし線と f_2 に於て交らしむれば $f_1'f_2=P_2$ となる。 c_2 は P_1+P_2 の電圧を受く故に F_2 より $F_2f_2'//a'o'$ と取れば q_3f_2 と f_2' に交り $f_2f_2'=i_2$ となる。故に $oF_3=I_1+i_1+i_2$ となる。次に $I_3=I_1+i_1+i_2$ ならば q_3 より $q_3f_3//oa$ と取り F_3f_2' と f_3 に交るとせば f_3F_3 は $P_1+P_2+P_3$ となる。同様の方法を反覆せば P_4 を求むる事を得。

之より見れば電線に近きもの程大なる電圧を受くる事第 21 圖右方に示す如し。

第 20 圖(2) に就て。

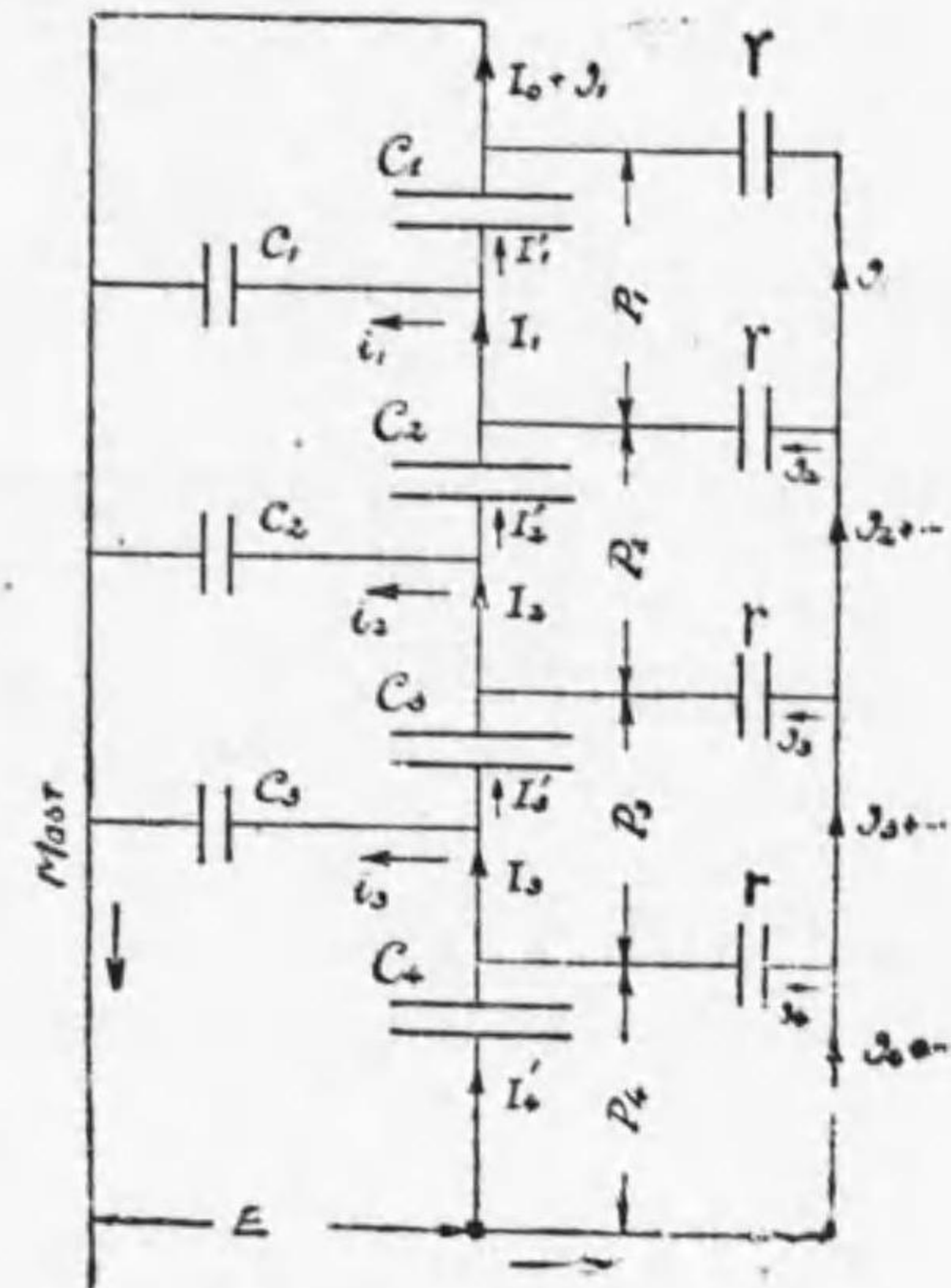
此の場合は簡単にする事を得ず、次の方法による。

第 23 圖に於て各碍子に掛る電圧を P_1, P_2

P_3 etc とす。

$$P = \frac{i}{C} \dots\dots\dots \frac{1}{C} = R \text{ とせば } P = iR \text{ となる}$$

$$\frac{1}{Y} = \xi \text{ とし } \frac{1}{c} = r \text{ とす}$$



第 23 圖

今 I_1' が 1 なる場合を考ふ。

$$I_1' = 1 \dots\dots\dots (1)$$

$$I_1 = I_1' + i_1 \quad i_1 = \frac{P_1}{r_1} \quad P_1 = I_1' R_1 = R_1 \quad \therefore i_1 = \frac{R_1}{r_1}$$

$$I_2' = I_1 - I_2 = 1 + \frac{R_1}{r_1} - I_2; \text{ 然るに } I_2 = \frac{E - P_1}{\xi_2} = \frac{E - R_1}{\xi_2}$$

$$I_2' = 1 + \frac{R_1}{r_1} - \frac{E - R_1}{\xi_2} \dots\dots\dots(2)$$

此式は $I_1' = 1$ なる時に此問題に適應す。此の方程式のみ考ふれば I_2' と E とは直線的に變化す。

$$I_3' = I_2' + i_2 - I_3 = I_2' + \frac{R_1 + I_2' R_2}{r_2} - \frac{E - R_1 - I_2' R_2}{\xi_3}$$

$$I_3' = I_2' \left\{ 1 + \frac{R_2}{r_2} + \frac{R_2}{\xi_3} \right\} - \frac{E}{\xi_3} + R_2 \left\{ \frac{1}{r_2} + \frac{1}{\xi_3} \right\} \dots\dots\dots(3)$$

此式は $I_1' = 1$ なる時の E と I_2' とを入れる時に問題に適合す。

$$I_4' = I_3' + i_3 - I_4 = I_3' + \frac{E - P_4}{r_3} - \frac{P_4}{\xi_4} \quad P_4 = I_4' R_4$$

$$\therefore I_4' = I_3' + \frac{E - I_4' R_4}{r_3} - \frac{I_4' R_4}{\xi_4}$$

$$I_4' \left\{ 1 + \frac{R_4}{r_3} + \frac{R_4}{\xi_4} \right\} = I_3' + \frac{E}{r_3}$$

$$\therefore I_4' = \left(I_3' + \frac{E}{r_3} \right) \frac{1}{1 + \frac{R_4}{r_3} + \frac{R_4}{\xi_4}} \dots\dots\dots(4)$$

此式も $I_1' = 1$ の時の E と其時の I_2' とを入れし時に此問題に適合す。

若し各静電容量の大きさが既知ならば (1) (2) (3) 及び (4) の方程式より $R_1 I_1'$, $R_2 I_2'$, $R_4 I_4'$ 等を出し、之等の和が E となる點を求むれ

ば求むる電壓を得可し。

例

$$C_1 = C_2 = \dots = C_4 = 0.00008 \times 10^{-6} \text{ farad} = 8 \times 10^{-11} \text{ farad}$$

$$c_1 = c_2 = c_3 = \gamma_1 = \gamma_2 = \gamma_3 = \gamma_4 = 0.000004 \times 10^{-6} \text{ ''} = 4 \times 10^{-12} \text{ ''}$$

$$R = \frac{1}{C} = \frac{1}{8} \times 10^{11} = 0.125 \times 10^{11} = 1.25 \times 10^{10}$$

$$r = \xi = \frac{1}{c} = \frac{1}{4} \times 10^{12} = 0.25 \times 10^{12} = 2.5 \times 10^{11}$$

$$\frac{R}{r} = \frac{1.25 \times 10^{10}}{2.5 \times 10^{11}} = \frac{1}{20} = 0.05$$

$$\frac{R}{\xi} = \quad \quad \quad = \quad \quad \quad = \quad \quad \quad ;$$

$$I_2' = 1 + 0.05 - \frac{E}{2. \times 10^{11}} + 0.05 = 1.1 - 4E \times 10^{-12}$$

$$I_3' = I_2' \left\{ 1 + 0.05 + 0.05 \right\} - \frac{E}{2.5 \times 10^{11}} + 0.1$$

$$= I_2' \times 1.1 + 0.1 - 4E \times 10^{-12} = 1.31 - 8.4E \times 10^{-12}$$

$$I_4' = \frac{I_3' + \frac{E}{2.5 \times 10^{11}}}{1 + 0.1} = \frac{I_3'}{1.1} + 3.63E \times 10^{-12}$$

$$= 1.19 - 4E \times 10^{-12}$$

而して $I_1' = 1$ なる條件を用ふれば

$$P_1 = I_1' R = 1.25 \times 10^{10}$$

$$P_2 = I_2' R = \left\{ 1.1 - 4E \times 10^{-12} \right\} \times 1.25 \times 10^{10}$$

$$P_3 = I_3' R = \left\{ 1.31 - 8.4E \times 10^{-12} \right\} \times 1.25 \times 10^{10}$$

$$P_4 = I_4' R = \left\{ 1.19 - 4E \times 10^{-12} \right\} \times 1.25 \times 10^{10}$$

此の和は E に等しからざるべからず。

$$\text{即 } E = \sum I' R = \left\{ 4.6 - 16.4 E \times 10^{10} \right\} \times 1.25 \times 10^{10}$$

$$E = \frac{5.75 \times 10^{10}}{1.205}$$

$$\therefore P_1 = 1.25 \times 10^{10}$$

$$P_2 = \left\{ 1.1 - 4 \times \frac{5.75 \times 10^{-12}}{1.205} \times 10^{10} \right\} \times 1.25 \times 10^{10}$$

$$= \left\{ 1.1 - 0.1908 \right\} \times 1.25 \times 10^{10}$$

同様に

$$P_3 = \left\{ 1.31 - 0.4007 \right\} \times 1.25 \times 10^{10}$$

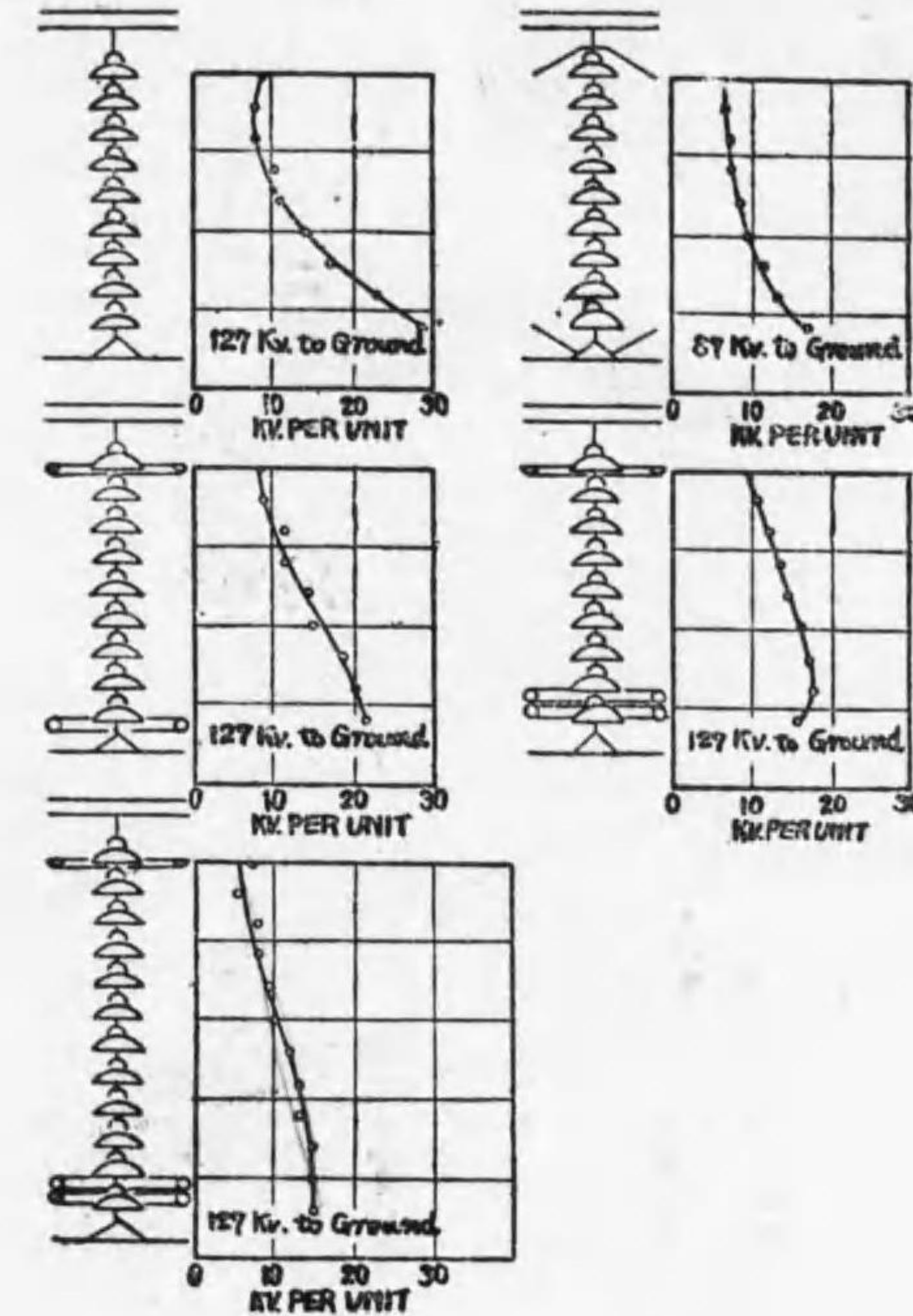
$$P_4 = \left\{ 1.19 - 0.1908 \right\} \times 1.25 \times 10^{10}$$

$$\therefore P_1 : P_2 : P_3 : P_4 \cong 1 : 0.9092 : 0.9093 : 0.9992$$

$\therefore P_1 > P_4 > P_3 > P_2$ となる。

5. 碍子の保護及び電圧分布の改良

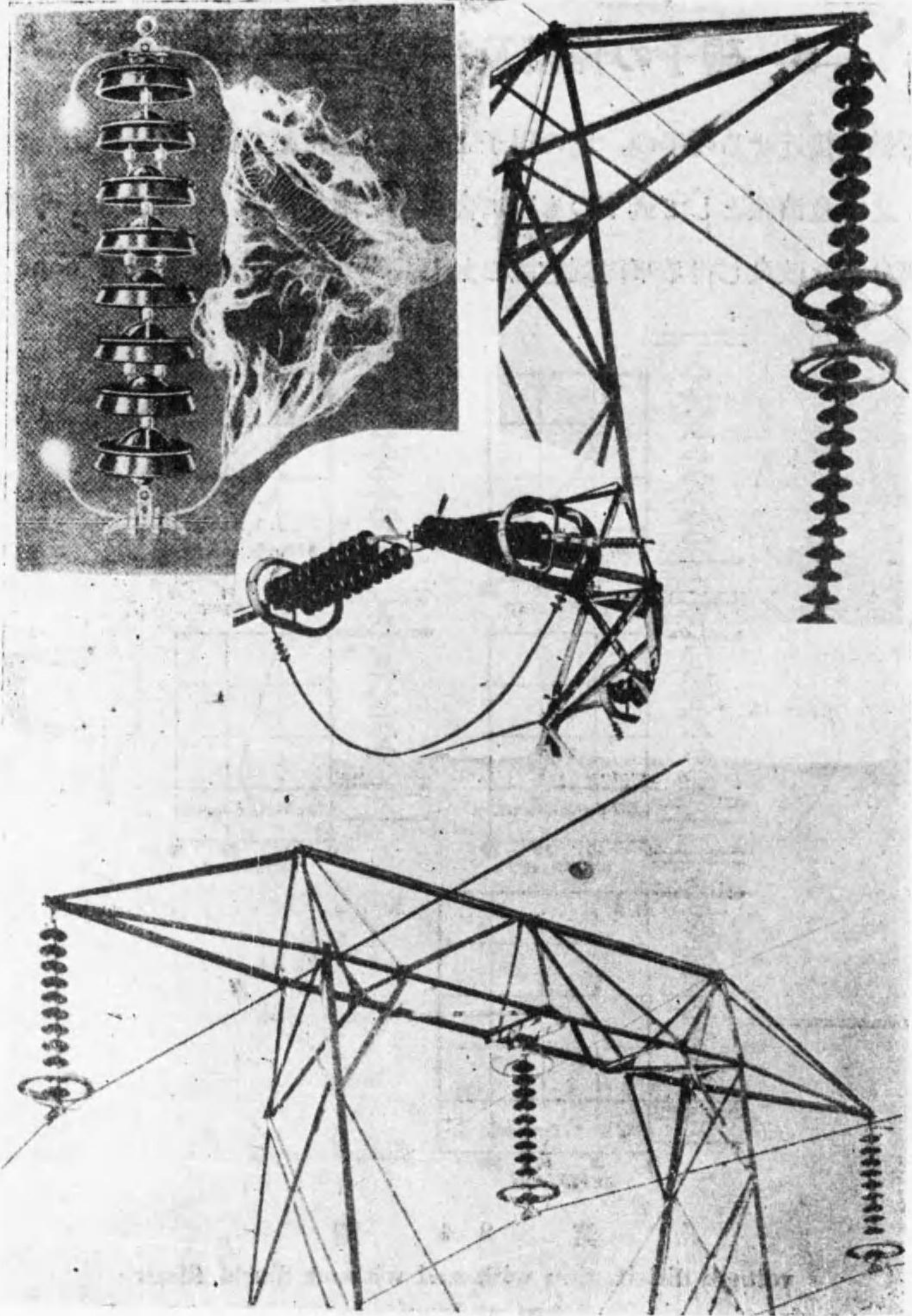
電線に接近せる碍子の、他の碍子より大なる電圧を受くる事は上述の如し。之が救済法として最下のものに金属環を附す事第 24 圖の如くせば、電圧分布を改良し得る事同圖右圖の如し。又 steel plate を以て cone 型



第 24 圖

voltage distribution with and without Shield Rings
test at Stanford
by the Journal of A. I. E. E. (vol. XLI No. 7 page 475)

に打抜きて碍子の下に用ひても有効なる事 Electric world 1923 P. 1073



第25圖 arcing horn を用ひたる圖

に見えたり。第26圖之れなり。猶異状の高壓の誘起せらるゝ場合、碍子を破損せずして大地に放電せしむる爲にアーキングホーンと稱する角を一

聯の碍子の上下に附す事あり。

(第24圖第25圖参照)

6. 碍子の發達

工業動力の電化は既に完了し、鐵道の電化も近き將來に於て實現せらるべく、又農業に家庭に電力の應用は日に廣く、其電壓は大なる加速度を以つて増加す。之に應ずべき原動力は主として石炭と水

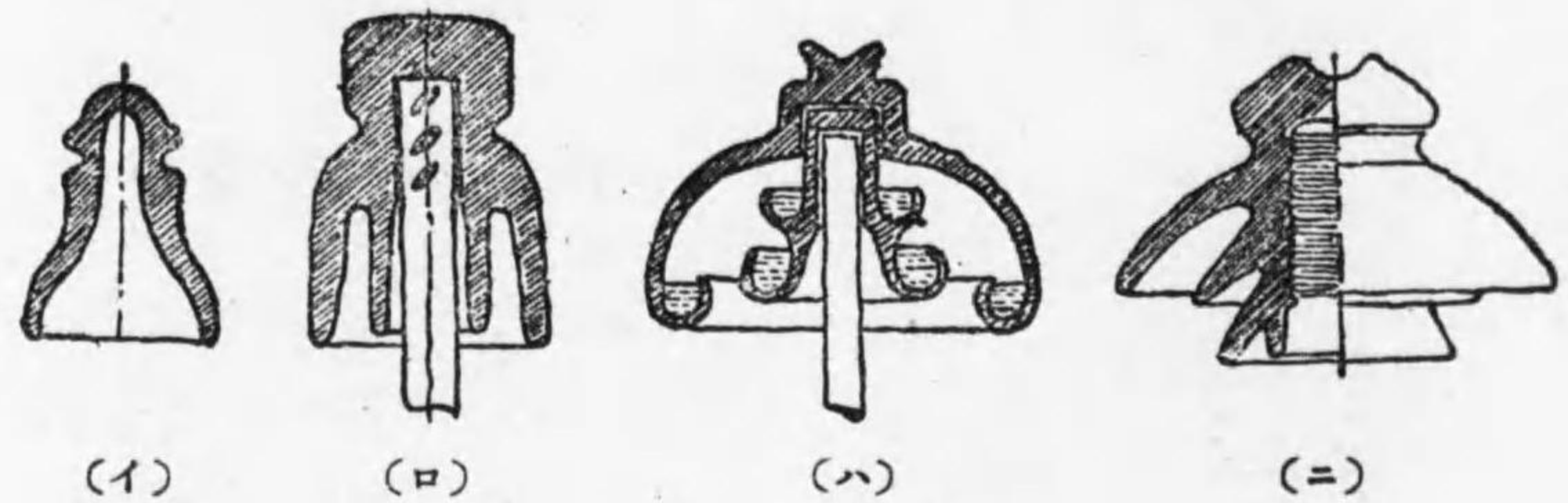
第26圖 cone型に打抜たる鐵板を用ひたる圖

による。然るに石炭の値は年と共に騰貴し、且つ其の壽命は知る可きのみ。茲に於て水力の利用は單に電力發生に經濟上より必要のみならず、貴重なる石炭に幾分の餘命を與ふるものなり。

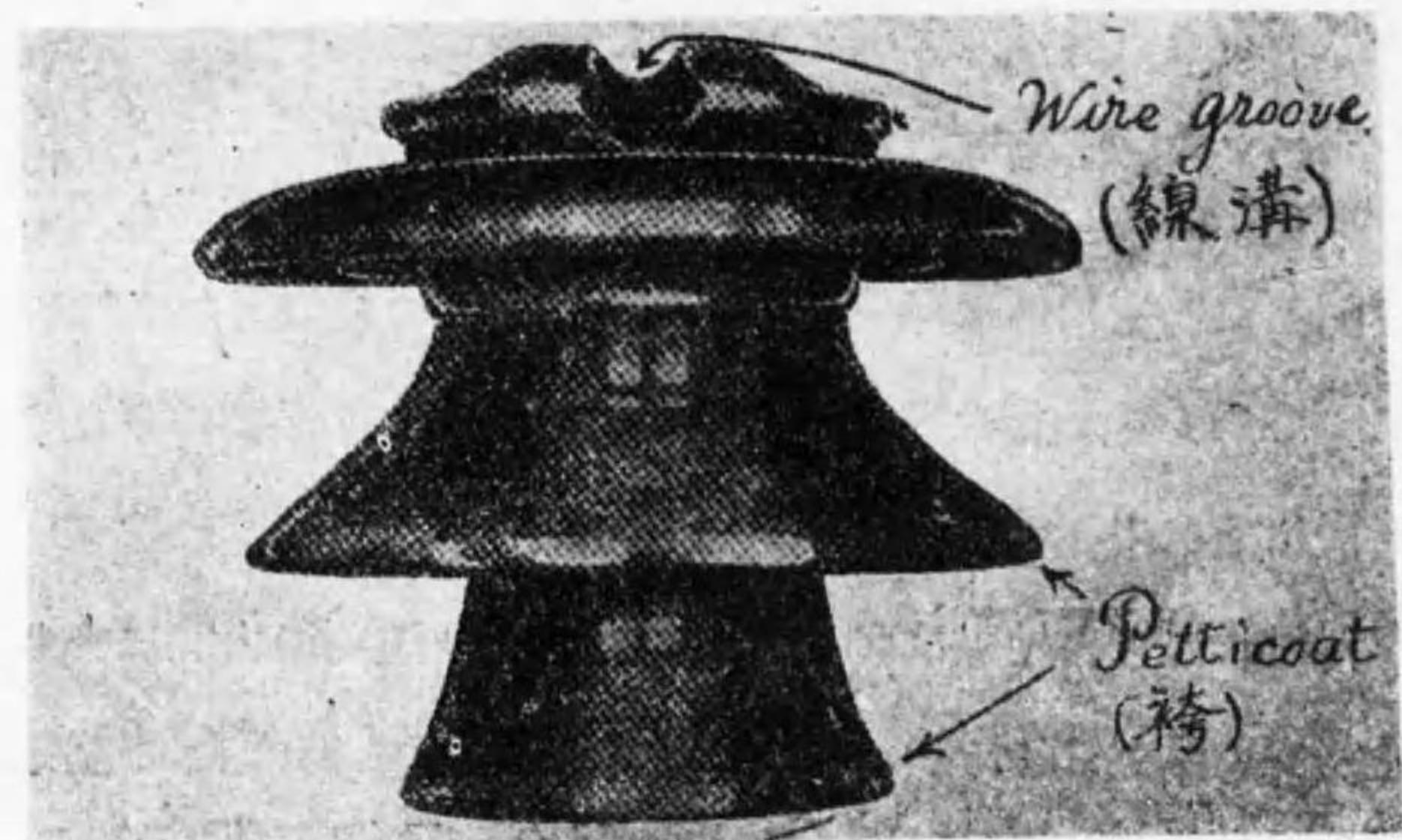
水力の利用し得可き地點は多く電力需要地より遠隔の山間にあり。従て長距離輸送の必要を生じ、殊に電力の大なるに従て非常なる高電壓を以て、驚く可き長距離輸送も經濟上可能性を有するに至る。一方文化の發達は一瞬間の停電をも許さず。此非常なる高電壓に耐え、絶對的信頼度を有する送電の成否は、大部分絶縁の問題に關し殊に碍子の良否に係る事大なり。按ずるに電信の試みられんとする當初に於て、木綿絶縁線を地上に引き濕氣の爲め漏洩甚だしく通信不能となるに至り、ウエルナーシーメンスの(第27圖(イ))碍子出現し之が改良として、第27圖(ロ)の二重碍



子の考案なり。之今日の小型二重碍子の祖なり。之等碍子は静電流に對して満足なる絶縁體なりき、然し電力長距離輸送の計畫せらるゝや漏洩大にして其用をなさず、遂に同圖(ハ)の油入碍子の發明を促せり。



第 27 圖 碍子發達の順序

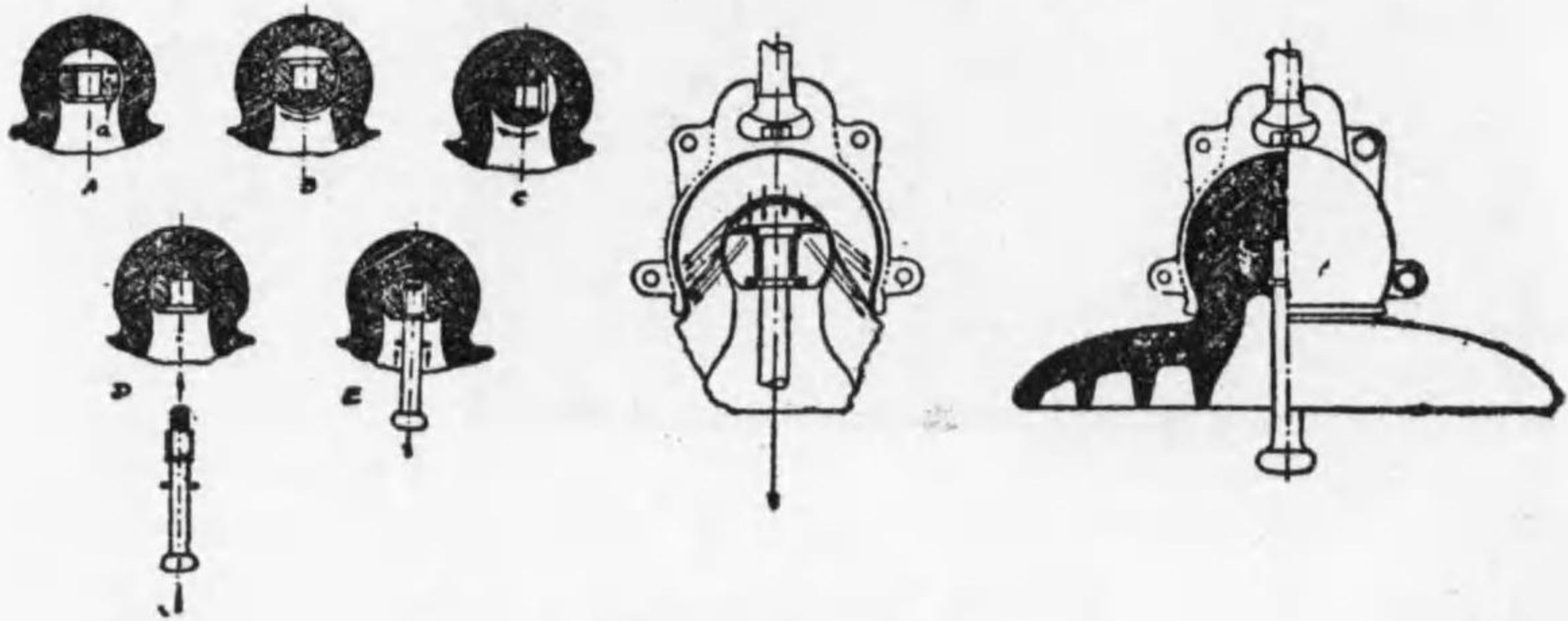


第 28 圖

然し之も大氣中の水分の凝結と、昆虫とに煩はされ、直に其影を没し再び研究は二重碍子の改良に向ひ、遂に雨水に濡らざる部分を設け、ピンと縁との距離を大にし、ベチコートの数を増せる第 27 圖(ニ)の型が考案せられたり。送電電壓の漸次高くなるに従て、亦其大きさを増し、一つの部分に

て一の碍子を作る事の困難となり、止を得ず二ツ或は三ツの部分にセメントにて附着せしめたり。之今日のピン型碍子なり。然るにセメントにて組立てたる碍子は、セメントと碍子物質の膨脹係数の相違ある爲め、碍子に龜裂を生ず。之が缺點を除かんが爲め、セメントの層は薄くなり、セメント附する部分には丸味を持たせ或は弾性物を間に入れ、或はセメントの水分の吸収による膨脹を少なからしむ爲めアスファルト、樹脂等を浸ませ、漸く面自を一新するに至れり。

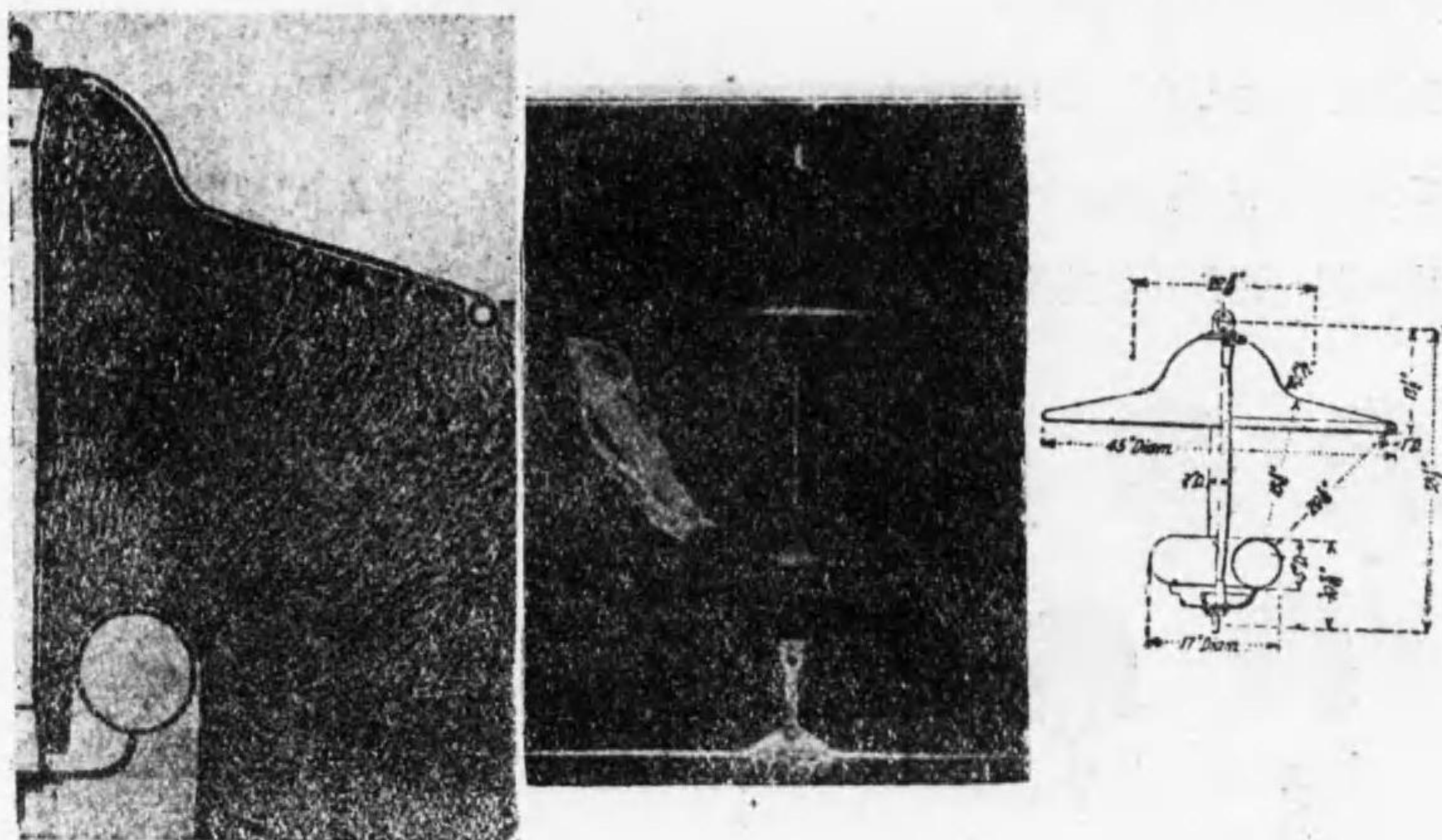
電氣界に於ける進歩は急速にして一刻の猶豫もなく、ピン型碍子は日に増大する高電壓の送電に適せず、殊に米國に於てポーセレンの質の粗なる爲め送電線路に故障多く、遂に懸垂碍子の先驅としてフユレット碍子出現せり。其後間もなく此の碍子は静電容量小なると、雨に對する不利等より帽子型懸垂碍子に驅逐せられ、フユレット碍子は單に引留碍子として専ら利用せらるゝに至れり。懸垂碍子は龜裂を生ずる事中々に多く、之に對して複帽碍子(第 9 圖)の考案あれど、静電容量小なる爲と閃越電壓小なる爲一利一害あり。其後幾多研究の結果、第 29 圖に示す如き、内部に全くセ



第 29 圖 球帽碍子

メントを有せざる球帽碍子の變化あり。此の碍子は懸垂碍子の帽子の中に (A) 圖に示す如き孔ある球を入れて、球を外部と附着せざる様注意して焼く。焼成後 (B) 圖の如く靴螺子を入れ、(C) 圖の如く回轉して (D) 圖の位置に於てピンをさす。ポーセレンと金屬との間には凡て油を以て濕したる厚紙を入れ、球と外部碍子との間に平等に負荷せしむる爲最後に弾性物を流入す。此碍子に於てはピンを赤熱するも破損する事なく、靜電容量大なる爲碍子の能率も大なり。

更に最近の Electric world 紙によればポーセレンを全く用ひざる碍子の考案あり。(第 30 圖) 上下の金屬を油を濕したる木の桿にて距つ事本圖の如きものなり。之につき幾多の議論あれども、碍子研究の前途に一の光明を與ふるものに非ざるか。



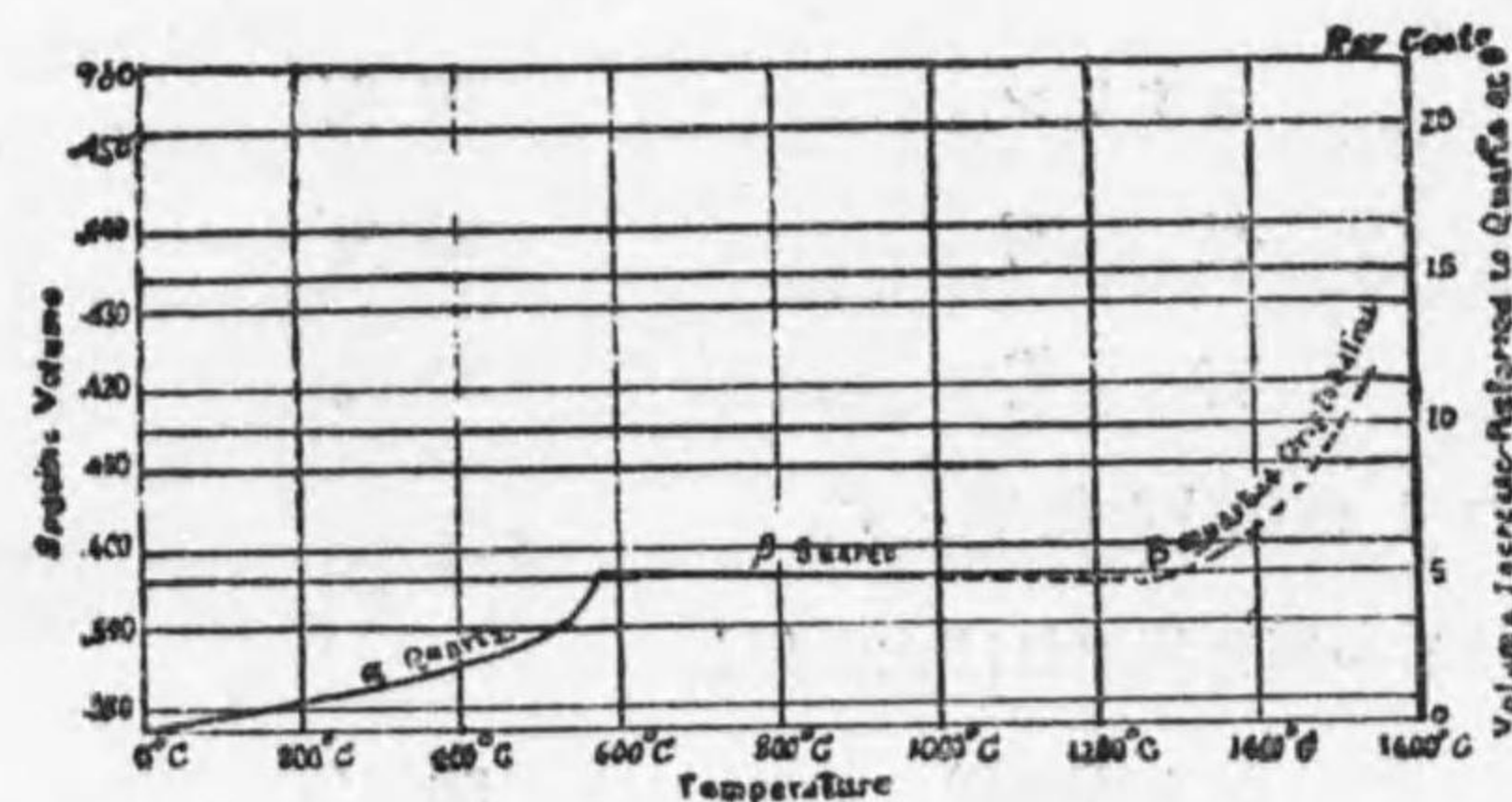
第 30 圖 ポーセレンを用ひざる碍子

7. ポーセレン (碍子の製造)

原料及び其處理

原料 ポーセレンの主なる原料は陶土、長石及び石英の三者なり。此外に少量の炭酸石灰、炭酸マグネシウム及びアルミナ等使用せらるゝ事あり。陶土はカオリンとも云ひ、長石類の風化分解して生ぜる白色の物質にして、其主成分は粘土質物質即 $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ なり。

之れ石英 47%、アルミナ 39%、水 14% よりなる如く見ゆれども、カオリンの中には、アルミナ、石英或は水の形として存在するに非ず。非常に複雑な形として存在するものなり。不純物としては長石、雲母、石英等を含む。カオリンには加里長石 ($K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$) の風化によりて生ぜるものと、種々の岩石の分解せるもの、一度水にて押し流されて沈澱して生ぜるもの等あり。前者は粒粗にして結晶せるカオリンを含有し接合力小なり。後者は質密なれども不純物の多量を含む。陶土の最も重要な性質は可塑性の大なることにして、亦碍子の原料としては出来るだけ純粹



第 31 圖 silica mineral 及 quartz の sp. volume

のものを撰ぶを要す。

純粋のもの、所謂溶融點は 1810° C 内外にして 1500° C 附近にて柔軟になるものにて差支なく又焼成後白色を呈するを良しとす。

石英には結晶性のものと無定形のものあり。無定形ものは軽くしてアルカリに作用せられ易く、結晶性ものは比重大にして化學的に強し。石英の結晶は温度にて異り、膨脹係數亦異なる爲め碍子となりて後結晶石英として存在する時は、温度上昇によりて生ずる碍子破壊の一因をなす。原料として使用せらるるものには、石英砂及び燧石の細粉せるものを用ひらる。

原料割合 ポーセレンの原料としての長石は加里長石なり。以上の主成分は別々の原料として用ひず、調合後適當の比を有せば足るが故に、木節粘土、蛙目等も用ひらる。原料の調合割合は出來上りし碍子の電氣的、機械的に強く、又温度の變化に對し膨脹收縮の小ならしむる様にするを要す。第 32 圖に示すが如く如何なる成分の割合も、三者を同時に満足せしむる事能はず、従つて三者の強度を適當にとりて中間の成分を用ゆ。大成に於ける調合割合は

カオリン	50 %
長石	25 %
石英	25 %

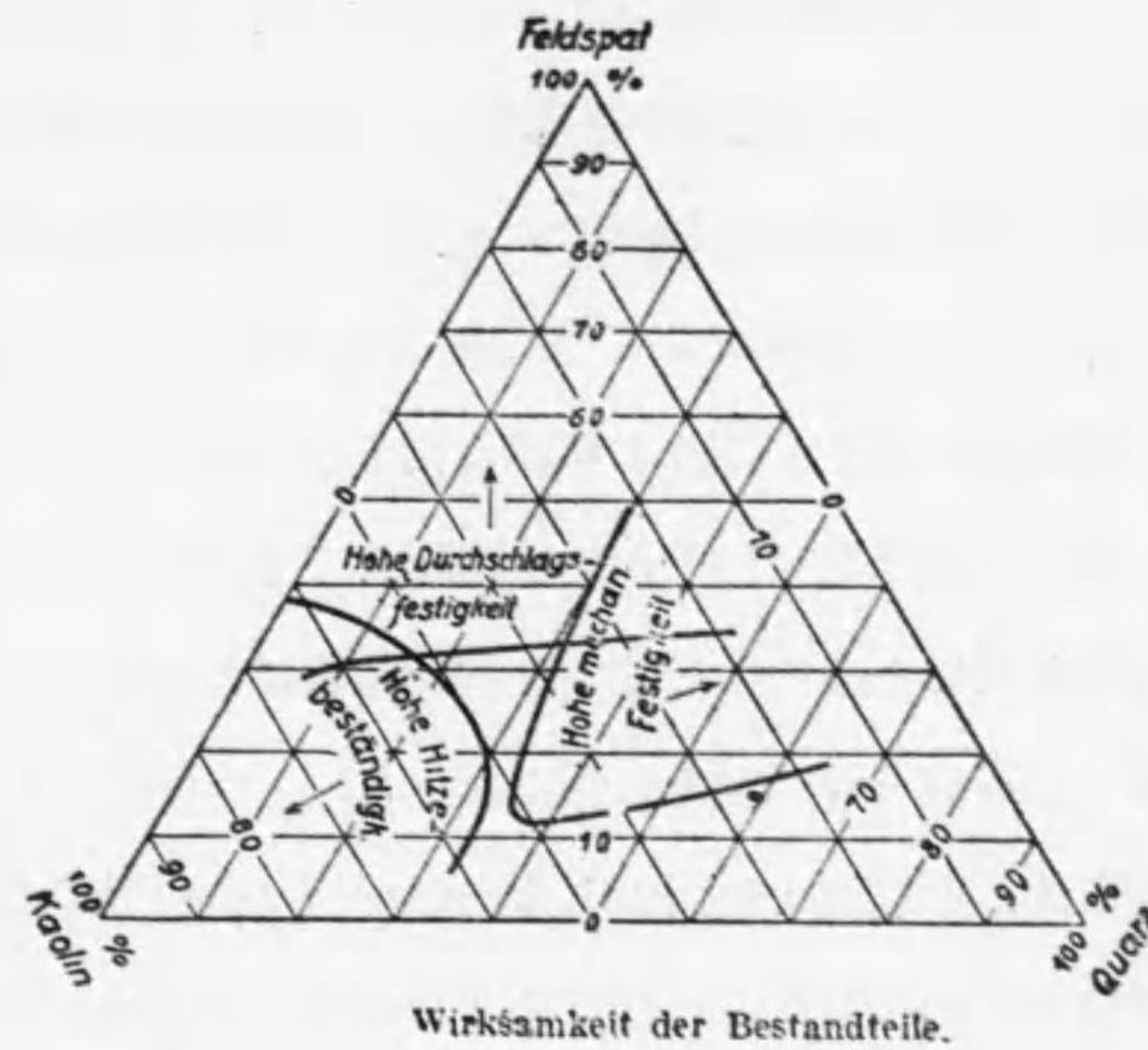
第 33 圖の 1 の部分を標準とす。

米國に於ける一例を掲ぐれば次の如し

粘土質物質	50 %
長石	27—30 %

石英 20—23 %

石英の量大なるものは弾性を増し、長石の量大なるものは硬さを増す。長石



第 32 圖 成分の影響

及び石英の量大なるものは、硝子の如き破面を呈し透明度を増し、カオリンの量大なるものは脆弱になり破面は砂糖の面を見るが如し。

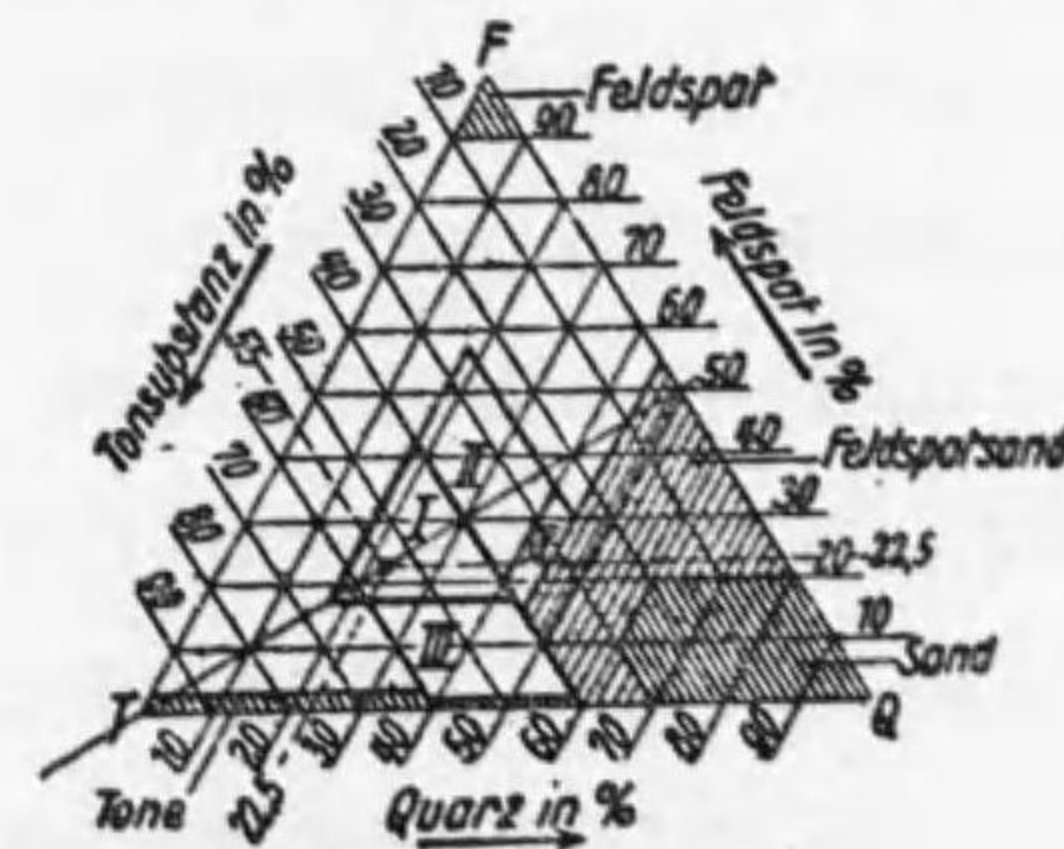


Abb. 1.
I. Hartporzellan. III. Steingut.
II. Weichporzellan. IV. Japan-Porzellan.

第 33 圖 各種磁器の成分

素地の製造 原料の調合方法にも種々あれども、粉碎せるもの、目方を量りて混するものと、細粉せるものに水を加へ、ミルに掛け、更に細末にすると同時に良く混和す。此際石英長石は先に入れ兩者の細かくな

れる時にカオリンを入れる等、工場に於て適當の方法を採用す。何れの方法によるも適當の割合の混合物が得られ、充分細粉する事を得。然れども此の操作中思はざる混合物、例へば釘或は石の破片等の混入する恐れなしとせず。故に 1 吋に 20 の目の篩を通すも、亦鐵分の存在は碍子の質を悪くするが爲に、磁氣分離機を用ひて之を除く。次に過剰の水分を取る爲に壓濾機に掛く。之れより出でしものは猶 2% 内外の水分を含有す。此の操作に於て壓濾機に使用せる布の纖維の混入や、ポンプに用ひし油による汚染等は、製品となりし後碍子の破壊電壓を下ぐが故に殊に注意するを要す。壓濾機より出でしものに可塑性を與ふる爲に、エーディングを施す。低壓のもを作るには其まゝ乾燥室に送る。

エーディングとは、壓濾機より出でしものを一室に入れ積重ね、木槌を以て叩き互に密着せしめ、數日間放置する事を云ふ。(焼上りし碍子の aging とは同一文字なれども異なる意味なり。)此操作によりて可塑型は非常に増大せらる。此理由は詳かならざれども、水分の一樣になる事に歸因するらしく、バクテリアの作用も一因を爲すと云ふ。次に空氣の泡を除く爲にブツグミルに入れ混和壓縮し、4 吋—6 吋の丸棒として出す。此の作業の不完即氣泡の有無は電氣的強度に重大なる關係を有するものなり。

高壓碍子の形成 高壓碍子の形を作るには回轉せしめて形を作る方法、鑄込法及び重壓機による方法等あり。ホットプレスによるものを最も進歩せる方法とす。回轉せしめて形を作る方法にも種々あり。大體の形を手にて作り、斷面に相當する型をあてゝ削り、或は外面は石膏の型を用ひ内面丈削り取る如き方法、及び大體の形を手にて作り、半ば乾燥せしめて後削り取る如き方法等之なり。

鑄込法には又二法あり。一は外面丈の石膏の型に液狀の原料を流入するものにして、時間を経るに従つて石膏の型は水分を吸収し内壁に原料附着す。此の厚みは時間によりて異なる故に、適當の厚さになりし時に内部にある過剰のものを流出せしむる方法なり。此の際に用ふる液狀の原料は 1.7—1.9 の比重になる様に水を加へ、更に流動性を與へる爲に硅酸ソーダ、炭酸ソーダ等の少量を加へしものなり。他の方法は内外に型を用ひる方法にして、金屬の鑄物を作ると同様なり。之は主としてブツシングを作るに用ひらる。

重壓法にては外面は石膏の型を用ひ、内面には内面に相當する様な金屬の型を用ひて、回轉しつゝ壓力を加ふるものなり。

ホットプレスによる方法は前者と同様なれども、内面の型がガスの火にて熱せられ、回轉しつゝ降下し、下部にある石膏の型内の粘土に適當の形を與へて後再び上昇するものにて、此の下降する型は鐵にて作られ、中空にして所々に孔を有し、形を作りて後上昇する時吸引せられざる様にす。ガス火に熱せらるゝ理由は、濕れる粘土の接觸する場合水蒸氣を出し、型と粘土と離れ易からしむる爲と、出來上りし品の表面をして美しからしめん爲なり。此方法による時は密度を大にするのみならず、生産量も非常に増加するものなり。

以上何れの方法によるも外部の型に入れしき一晝夜以上放置して乾燥室に送る。

低壓碍子の形成 低壓碍子類は専ら乾燥法によりて作らるるものなり。壓濾機より出でし原料を乾燥し、胡桃大に碎き 10—15% 水を混じ、一晝夜放置し、1 吋 20 目の篩を通る様粉碎す。此粉末は手にて押せば固る如き

状態にあり。従つて金属の型に入れて壓せば任意の形を作る事を得。金属の型に入れる際型と原料との離れ易からしめん爲、特殊の油（例へばフランクリン 20 番）を塗る。又厚き部分と薄き部分とは乾燥の際収縮状態の異なる爲龜裂を生ず故に、水分の多き粉末と少き粉末を適當に用ふる事あり。

窯 釉薬を掛けしものを爐に入れるに saggar と稱する素焼製圓筒形の枠を用ふ。之は熱を一樣にせしむる爲と、爐中に數多く入れ得しめ、且煙によりて汚染せらるゝを防ぐ。此のサガーを温める熱は非常に大なる量にして、實際に利用せらるゝ熱量の約六倍を要す。故に出来る丈空間を尠くする爲に大なる碍子の間に小なる碍子を入れる。

焼く時間は品物の大小により異れども、小なるものにて 40 時間以上大なるものにて 70 時間以上を要し、冷却するに亦 30 時間以上を要す。

爐は普通マツフル型の週期窯（periodic kiln）を用ふれども、近年トンネル窯を用ひ、燃料として以前の薪や石炭に代るに gas を用ひ、或は gas と油を併用したりしが periodic kiln となるに従て普通 gas を用ふるに至れり。

tunnel kiln とは tunnel 様になりし窯にして、中央に gas の火口あり。全體の長さは 300-400 呎位のものにして、一方より rail にのせし原料を送り他方より完成せるものを取出す。

Champion Porcelain Co. の例を掲ぐれば、全長 305 呎にして温度の最高の所は carborundam brick を用ひ、温度の下るに従て耐火煉瓦を用ふ。最後に鐵の壁を用ふ。gas の燃焼せしものは直接碍子に觸れず二重壁の間を通つて間接に焼く。

初めの $\frac{1}{3}$ に於ては熱は徐々に上り、約 $\frac{1}{10}$ の長さ最高温度を保ち残り約 $\frac{2}{3}$ は冷却用に供せらる。冷却するには鐵管を以て外氣を送る。其の熱せられし空氣を瓦斯の燃焼や素地の乾燥に用ふ。

焼成の時間は車の出入の一時間の數によりて勝手に定め得るものなり。

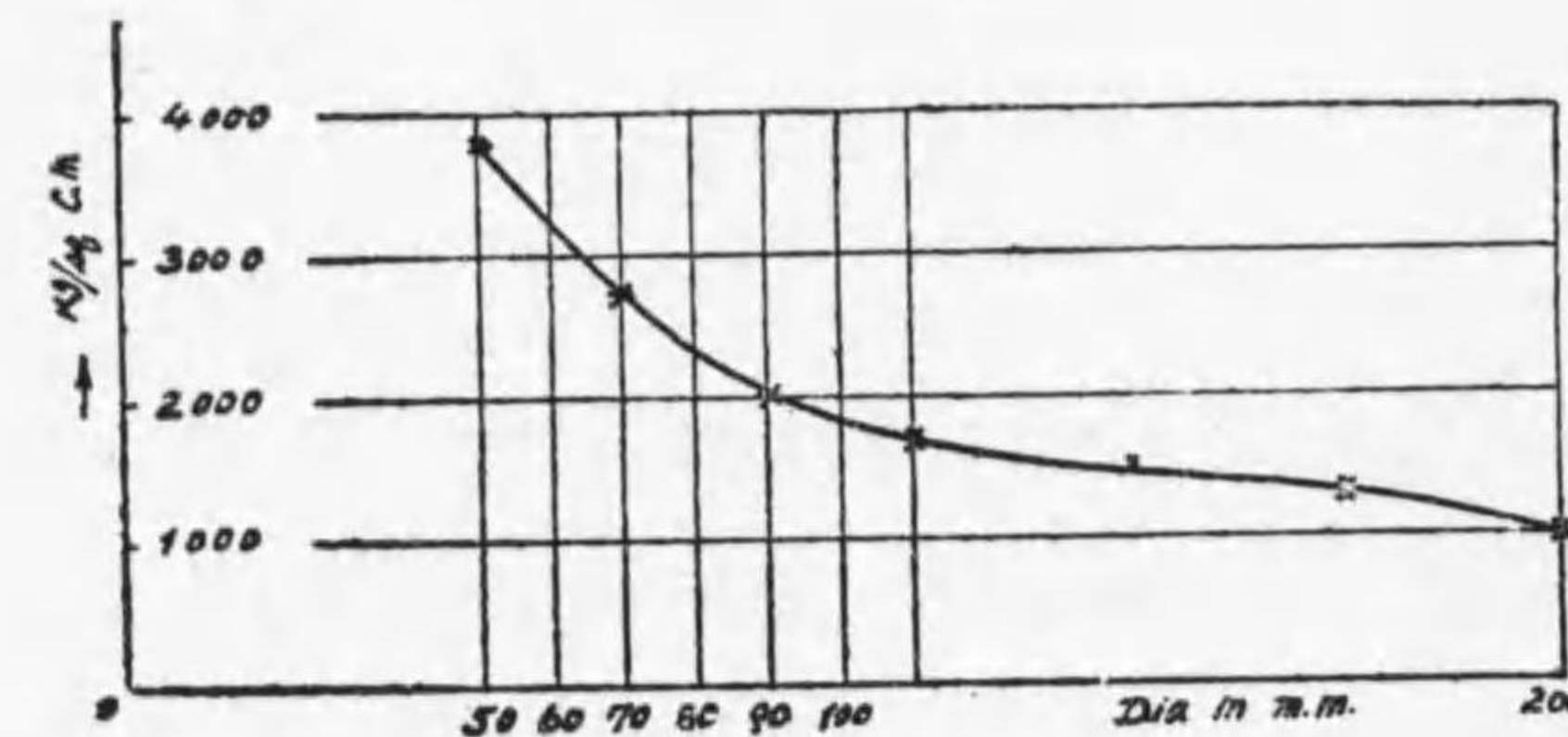
此の kiln の優れる點は燃焼瓦斯の直接に品物に觸れざる事と、硫黄によりて表面に汗點の生ずる事絶對になく、如何なるガスの中に於ても焼成する事を得る點にあり。

經濟上より見れば窯を冷す爲の損失を皆無とす。

8. 碍子の物理的性質

tensile strength	260 kg/cm ²	Rosenthal and Singer
	240 "	Demuth
compressive strength	4000-5000 kg/cm ²	Rosenthal and Singer
	3800-1000 "	Demuth

之は大きさによりて異なるものにして大となれば大となる程 cm² 當りの



第 34 圖 直徑と compressive strength の關係

力は小となる。

bending strength (stress in extreme fibre, under bending moment max kg/cm²)

= 540—590 kg/cm² — Rosenthal

= 700 " — Demuth

torsional strength 480—700 kg/cm² Rosenthal and Singer

kinetic breaking strength 5.6—6.4 cm kg/sq.cm Demuth
(schlagbiegefestigkeit)

(衝撃強度) 両端支えらる 70 mm. の支持點の間に置く

elastic modulus 625 000—828 000 kg/sqcm

hardness 7—8

coefficient of expansion

3.43×10^{-6} bet' 23—200° C

3.56×10^{-6} 23°—700° C (Anglw. chem. Rieke)

$4.5 \times 10^{-6} \sim 6.5 \times 10^{-6}$ (nach Fries)

specific heat

0.202 20°—200° C (W. Steger)

specific gravity 2.29—2.5

insulation resistance :—

之れは溫度に關係するものにして次の如し。

at room temperature 10^{18} ohm/cub. cm

98° C 10^{12} " "

190° C 10^{11} " "

727° C

10⁴ " "

at red heat

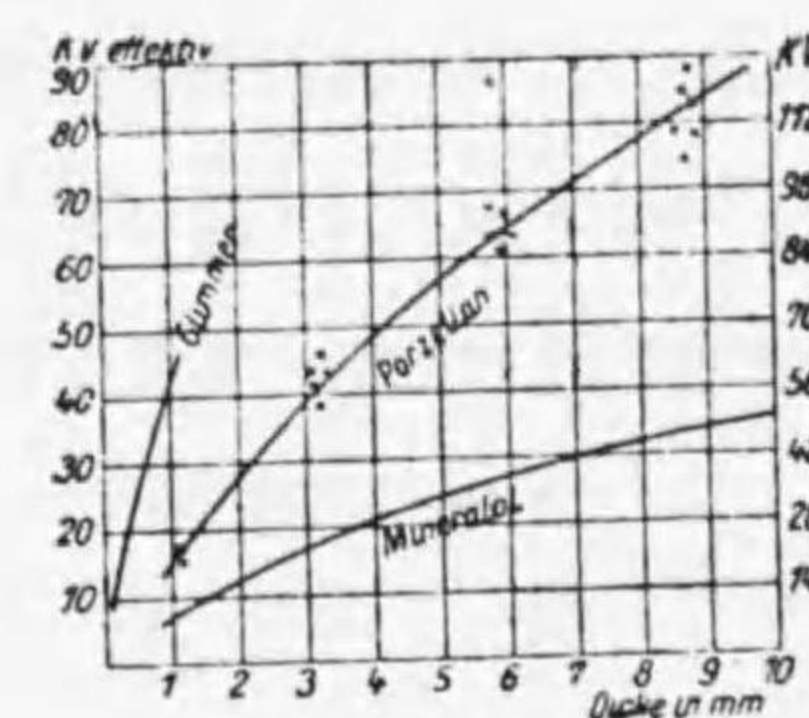
conductor

surface leakage

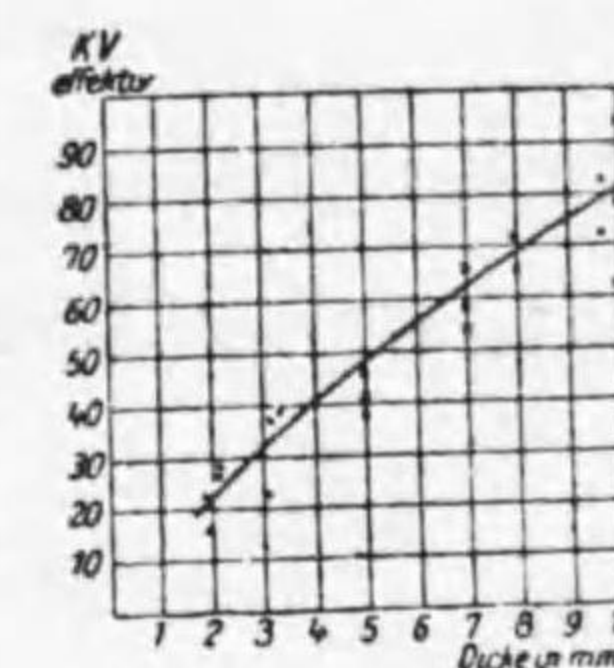
之は素地には何等の關係なく大氣中の濕氣等に關す。

puncture voltage

強さは一定に非ず、出來上りしもの、全厚さに關係し、從て 1mm 毎の specific puncture voltage と云ふ如きものなし。厚さの大なる程小なる事次の圖の如し。



第 35 圖



第 36 圖

厚さと punctive voltage の關係

例へば 2 mm thickness 28 000 V (effective)

8 " " 78 000 " "

の如く 2 mm. の時の四倍より遙かに小なり。

又溫度によりて其値を異にするものにして、G.

O. Wamer 氏の與へる所を示せば次の如し。

25° 607 000 V (effective)

80° 57 300 "

108° 42 500 "



第 37 圖

190°	10 500 V
dielectric constant	5.3—5.7 (at 10 000V)

9. 磁器内及び釉薬中の結晶

最近の研究によれば碍子中に存在する主なる結晶は、従来信ぜられし Sillimanite $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ に非ずして、 $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ の組成を有する無名結晶なる事判然するに到れり。(Journal of the American ceramic society, April, 1924 page 238—254 by N.L. Bowen and B. W. Grieg)

碍子原料中には種々の不純物を含有し、且つ一様なる液状を呈する迄高温に熱せざる爲に種々の階梯の結晶を含有するものと先づ考ふるを要す。素地及び釉薬中に含有する物質につき生じ得べく考へらるゝ結晶名を掲ぐれば次の如し。

素地内

cyanite	$(\text{AlO})_2 \cdot \text{SiO}_3$
andalusite	$\text{Al}(\text{AlO}) \cdot \text{SiO}_4$
sillimanite	(fibrialite) $(\text{Al}_2\text{O}_3) \cdot \text{SiO}_2$
corundum	Al_2O_3
quartz	SiO_2
feldspar crystal	KAlSi_3O_8
wollastonite	CaSiO_3
oligoclase	$\text{AlNaSiO}_2 \cdot \text{SiO}_2$
willemite	$(\text{ZnO})_2 \cdot \text{SiO}_2$

此中 cyanite 及び andalusite は 1350°C 附近に於て sillimanite に變

化し、冷却すれば sillimanite として残ると従来考へられしものにして、sillimanite と考へられしものは實は $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ なれば $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ に變化するものなる可し。

碍子の焼成の温度は多く 1350°C 以上なるを以て此の二者は先づ考ふる必要な可し。又 sillimanite は天然 sillimanite を用ふる場合を除けば、現在の所碍子中に発見するを得ず。之亦考ふる要をせず。

wallastonite, oligoclase 及び willemite は碍子素地中には殆ど存在する事なく、釉薬中に加へられし物質によりて生じ得るものなり。

以上より見れば素地中に存在し得可き結晶は

}	$3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$
	corundum Al_2O_3 (或はアルミナ)
	quartz SiO_2
	feldspar crystal KAlSi_3O_8

の四種類なる可し。

平衡圖より考ふれば之等の四つは同時に存在し得ざる可し。

然れども前に述べしが如く加熱に冷却に必ずしも一様ならず、加ふるに全部液状となれる迄熱せざるに於ては、以上のものゝ存在し得る事可能なる可し。以上種々の結晶につき電氣的に研究せられしものを見ず、従て皆將來の研究に待つ可きのみにして、茲に詳しく記載し得ざるを遺憾とす。以下簡単に二三の大體につき述ぶ可し。

$3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ の性質 sillimanite と外形性質酷似せるものにして、電氣的性質に如何なる相違あるや今の所不明なり。sillimanite に於ては結晶主軸の方向に添て dielectric constant 大なる爲め静電電場のファラデー

線分布を亂し碍子破壊の一因を爲すが故、もし之と同一の性質を有するものとせば、又其結晶の發達の程度分布の状態を考ふるを要す。

凡て結晶の大なるもの碍子の中に存在せば、機械的強度を減少せしむるものにして、又均質度を減少せしむる爲め熱に對して弱し。故に結晶も出来る限り小さくなし、且一様に分布する様なきしむるなり。

quartz SiO_2 結晶は無定形と結晶體のものとの間に比重の差あるのみなれば前第 31 圖の如き變化をなすものなり。

piezo electric phenomena なる現象が存在し結晶石英に高壓が掛る時は石英の内部に機械的壓力を生じ之又破壊の一因となる。此の現象につきては左程の影響なしと考ふる人無きに非されども遊離結合石英の存在は凡ての點に於て好しからず Borringer 氏の如きは石英は單に碍子製造當初の用に供せられ居るものなれば將來之に代る可き何物かにより優良碍子の出現せらる可しと云へり。

實際に於て石英の代りにアルミナ、ジルコニア等を用ひて好成績を上げ得し例も存在す。

10. 碍子の試験

(1) 工場試験

(イ) 材料 工場に於ては、日日原料の調合處理宜しきを得るや否や、或は新研究に對する試験等に關し、一定の大きさのものを作りて破壊電壓を出し、或は機械的強度を測り、所謂材料試験をするを要す。又特種型研究に對しては、以下順を追ふて述ぶる種々の試験を施すを要す。

(ロ) 機械的強度試験 ピン型碍子に於ては使用状態と同一状態なる様取

付け、圖の如く頭部に軸と直角方向に負荷し、一定時間耐える事を要す。

懸垂碍子に於てはピンと帽子との間に一定の大きさの張力を加へるものにして、一定時間耐える事を要す。普通は時間は一分間とす。

(ハ) 冷熱試験 碍子を一定時間温槽に入れ、急に低温の水のある槽に入れ、一定時間放置し再び温槽に入る。之を反覆して破壊せざるを合格とす。

各槽の温度は會社によりて異れども大體次に示す如し。温槽、冷槽中に置く時間は十五分内外なり。

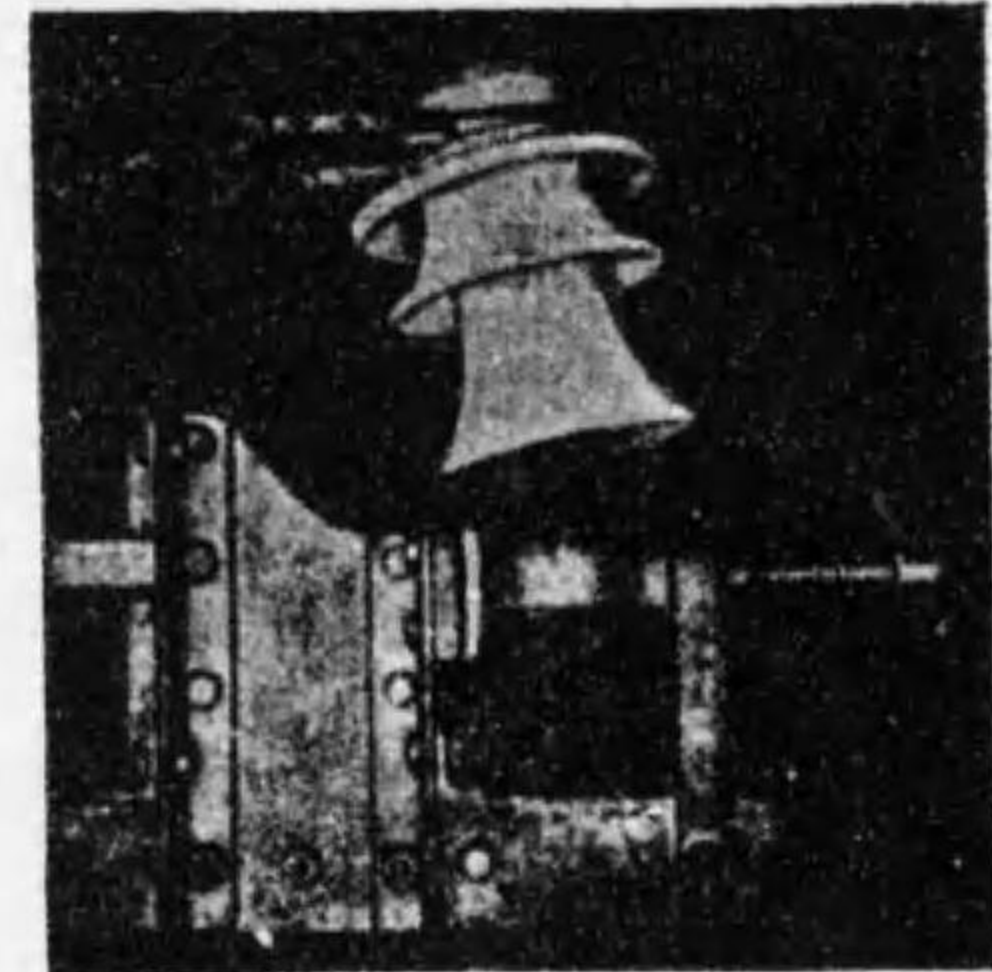
	温槽温度	冷槽温度
ピン型碍子の如く二つ以上の組合せになるもの	65°—75°	15°
懸垂碍子の如く一つのもの	75°—90°	15°

(ニ) フクシン試験 之れ碍子の多孔質なるや否やを検する試験なり。

1 gr. の fuchsine (唐紅) を 100 gr. の methyl-alcohol に溶せるものを以て碍子の新らしき破壊面に着色し、次に無色のメチルアルコールを以て洗滌するに印痕を止むべからず。fuchsine は一種のアニン染料なり。

もしも多少なりとも着色せる疑の存するあらば、試験材料を破壊し、着色材料の物質内に浸入せるや或は單に表面の粒状となれる間に介在するものなりやを検すべし。

此の試験に壓力を加へ、染料の浸入するや否やを試験する事あり。



第 38 圖 ピン型碍子の機械強度試験頭部に直角の方向に引く

(ホ) 乾燥閃越電圧試験 表面乾燥せる場合電圧を碍子の内外に掛け、徐々に上昇せしむれば、一部分碍子の表面を通り放電す可し。之を (surface flashing) 表面閃越といふ。更に電圧を上昇せば空中を通りて放電す可し。之れを (air flashing) 空間閃越といひ、此時の電圧を乾燥閃越電圧 (dry arc over voltage) といふ。普通使用線間電圧の二倍乃至四倍とす。乾燥閃越電圧との大さ及割合は第 2, 3, 4. 表を見よ。(P.7 乃至 P.8)

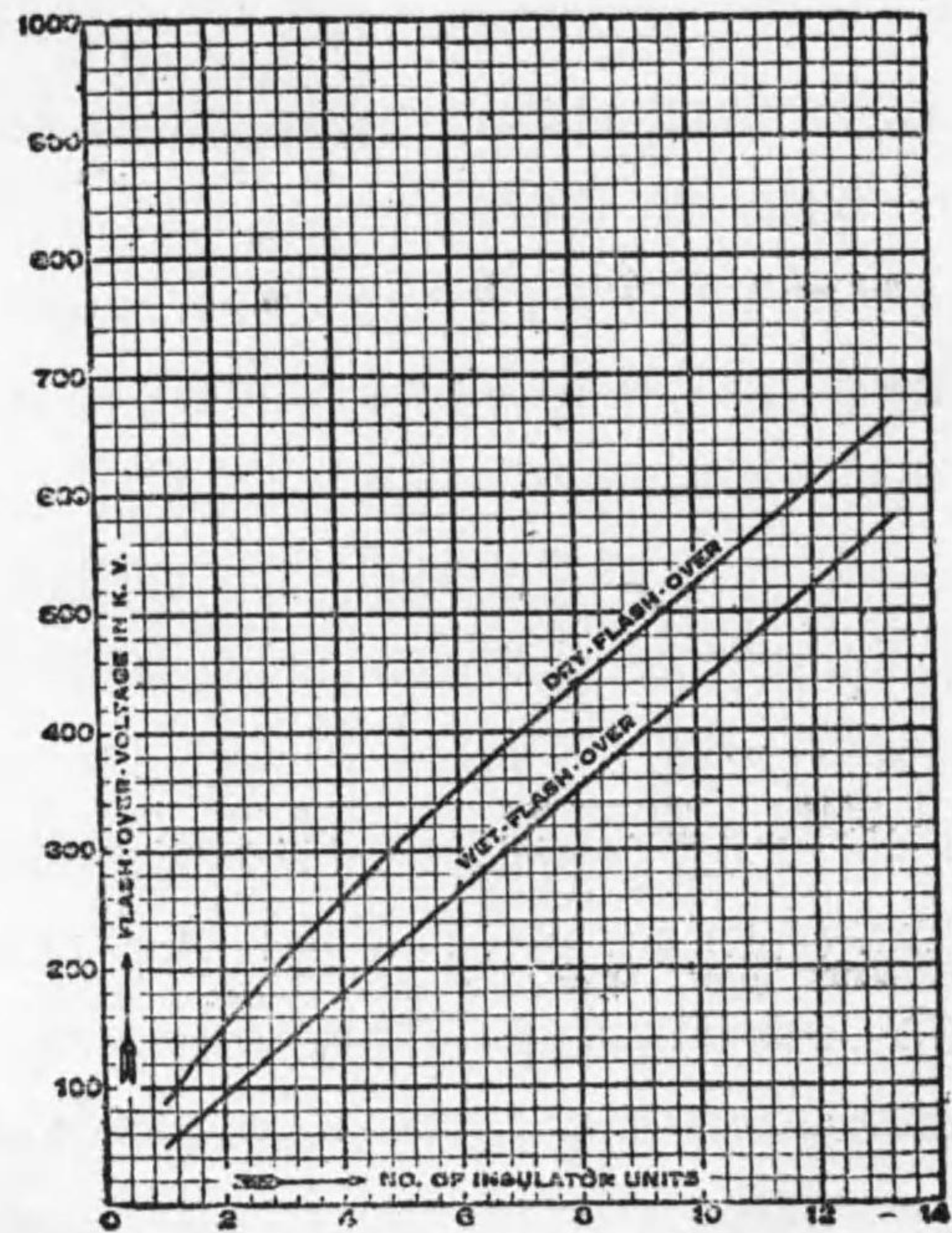


圖 39 圖

(ヘ) 注雨耐壓試験 (rain test) 碍子を使用状態に保ち、回線と大地との間に電圧を掛け、碍子の上に水沫をかけながら降雨の際に於ける閃越電圧

を見んとする試験なり。

雨水の密度、雨水の性質等によりて、閃越電圧を異にするは當然にして、雨滴の方向によりて亦影響せらる可し。

雨水の密度は一分間に積る高さを以て示す。日本に於て普通 0.2" 即 5.08 耗とす。獨逸に於ては一分間 3 耗として規定しあれども雨水密度は 5 耗内外なるが如し。注水の方向は 45° 傾く。

此時の arc の通路は碍子の表面の水の爲め導體となる爲に第 3 圖 AB の如くなる。dry せる場合の通路は直接線よりピンに至る可し。

試験電圧は線間電圧の二倍一分間とす。

(ト) 破壊電圧試験 空中に於て高電圧を掛くれば、碍子周囲の空氣先づ挫折する爲に碍子の破壊電圧を知るを得ず。故に油中に入れ電圧を除々に加へて、遂に破壊するに至る。此時の電圧を (puncture voltage) 破壊電圧といふ。

普通 dry arc over voltage の約 1.3 倍或は電間電圧の 4 倍に 1 分間耐えるものを合格とす。

以上三つの試験の電圧は碍子物質の改良、形の進歩に従て接近すべき性質のものにして、dry arc over voltage 小にして破壊電圧のみ高くしても、其効や少なかる可く、又 dry arc over voltage のみ高くしても、wet arc voltage 小なれば使用せられ得る線間電圧も小となる可し。

(チ) 納入試験 (piece test) 碍子の一々につき工場に於て試験するもの之なり。dry arc over voltage の 95% 以上に於て 3—5 分間耐えしむるを普通とす。

以上に用ふる電源の周波数は一定のものとし電圧の波形は純正弦のもの

を用ふるを要す。

(ii) 野外試験

工場或は取付ける際に於ける試験により劣等の碍子を除去し、線路の故障を減少する事を得れども、碍子は取付後に於ても漸次劣化する（之を碍子の aging と云ふ）ものなれば、之の劣化の程度の甚だしからざる間に取替えざれば大なる事故を生ず。此の劣化せる碍子を発見する試験を野外試験と云ふ。工場或は取付前に於ては試験する事比較的易し。然し一旦線路に取付けられんか殊に高圧の電流の通り居る際に於ては其試験は決して易からず。

次に Frank. C. Dable 氏 (Electric world 紙 1923 p. 1397) 及び C. E. Bennett 氏 (Electric world 紙 1924 p. 711) の述べし方法を記す。

野外試験装置に就ての注意

- (1) 安全の爲め碍子の一部をも短絡せざる事。
- (2) 漏洩抵抗を減少せざる事。
- (3) 高電圧を誘起せざる事。
- (4) 如何なる破壊程度のも^のにても試験者に安全なる事。
- (5) 簡単にして生ける線に適用し得て一定の結果を與ふる事。

試験週期

近年の製造に係る優良の碍子ならば一年に一回或は二年に一回の試験にて足る。

古き碍子或は設計の劣れる碍子に於ては三四ヶ月に一回の試験を要す。

試験に要する電源

線電圧を利用するを最も簡且便なるものとす。

破損碍子発見の方針

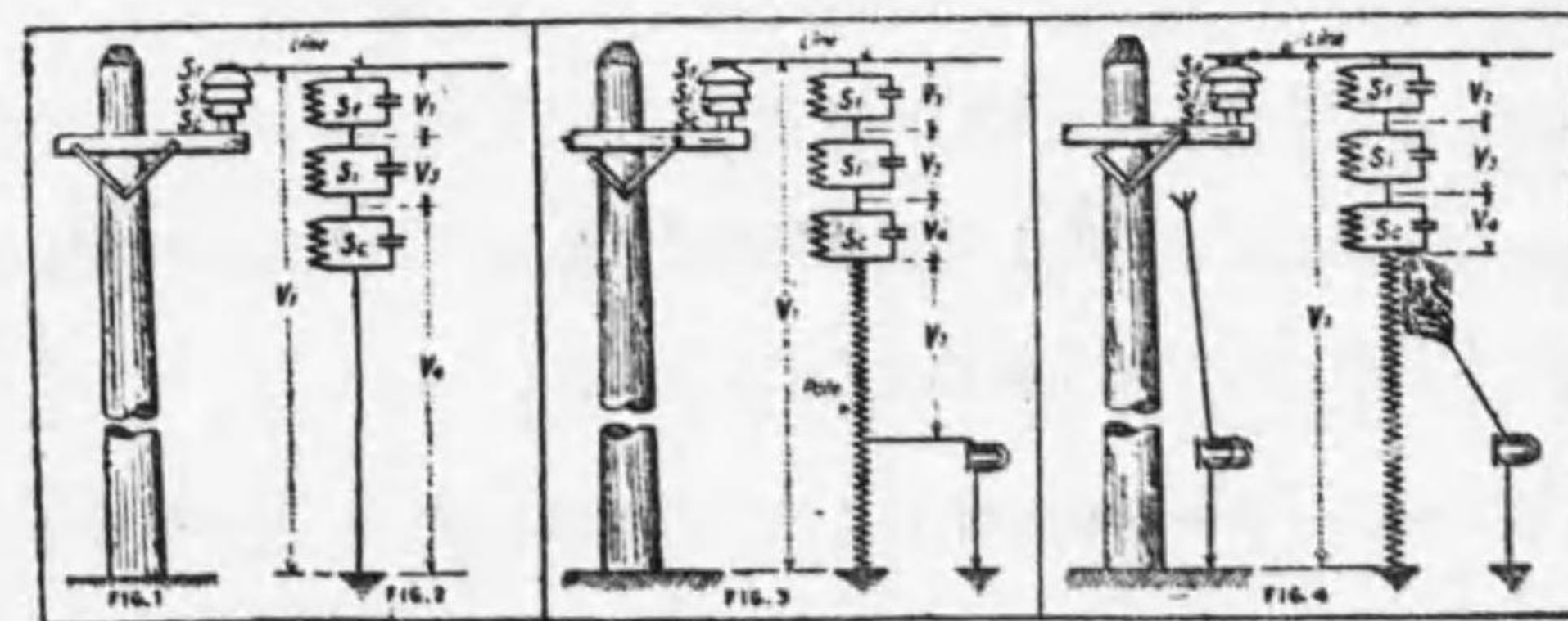
碍子の劣化する時は漏洩電流、充電電流、各碍子に係る電圧等に變化を生ず之等の變化を見て碍子の劣化を知る。

送電中の送電線にある碍子試験方法

- (1) 絶縁せられざる電話法、(接地せられざる電路に用ひらる)
- (2) 短絡法
 - 金属短絡法、(ピン型、懸垂型に用ひらる)
 - スパークギャップ法 (ピン型に用ひらる)
- (3) 絶縁せる安全電話法
 - ピン型に用ひるもの
 - 懸垂碍子に用ふるもの
- (4) 静電計 (エイスロメーター aislometer) を用ふるもの

(1) に於ては漏洩電流の多少に由る。此の方法は木柱の如き抵抗大なる支柱に於て大なる抵抗が碍子と直列に入る場合に於て接地せられざる system に限る。

第 40 圖に於ける如く leakage current を高抵抗を有する受話器にて柱

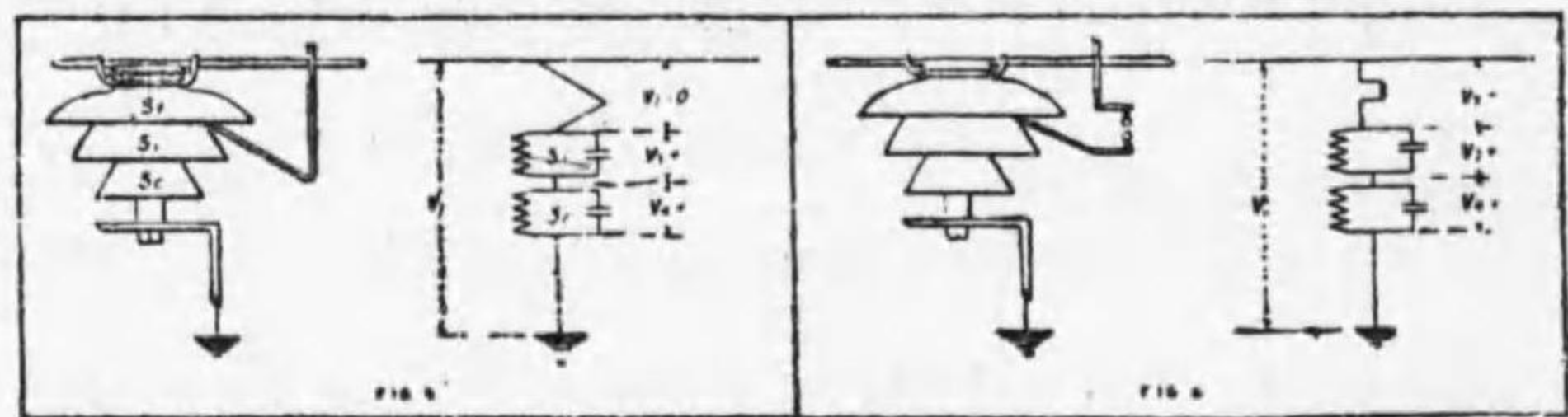


第 40 圖 絶縁せられざる電話法

を短絡し音を聞く。善き碍子のももには音は無く、悪きものには音が聞ゆ。此の方法は單に比較的のものなり。此方法に於て生ける線に受話器の一端を接近せしむるは危険なり。第 40 圖 fig. 4 の如くするも fig. 3 と同理なり。

(2) (イ) 金屬短絡法

此の方法は碍子の一部を短絡するものなれば好ましからず。此の方法は第 41 圖の如く、金屬にて short し之を引はなす。其時火花を生ぜば其



第 41 圖 短絡法

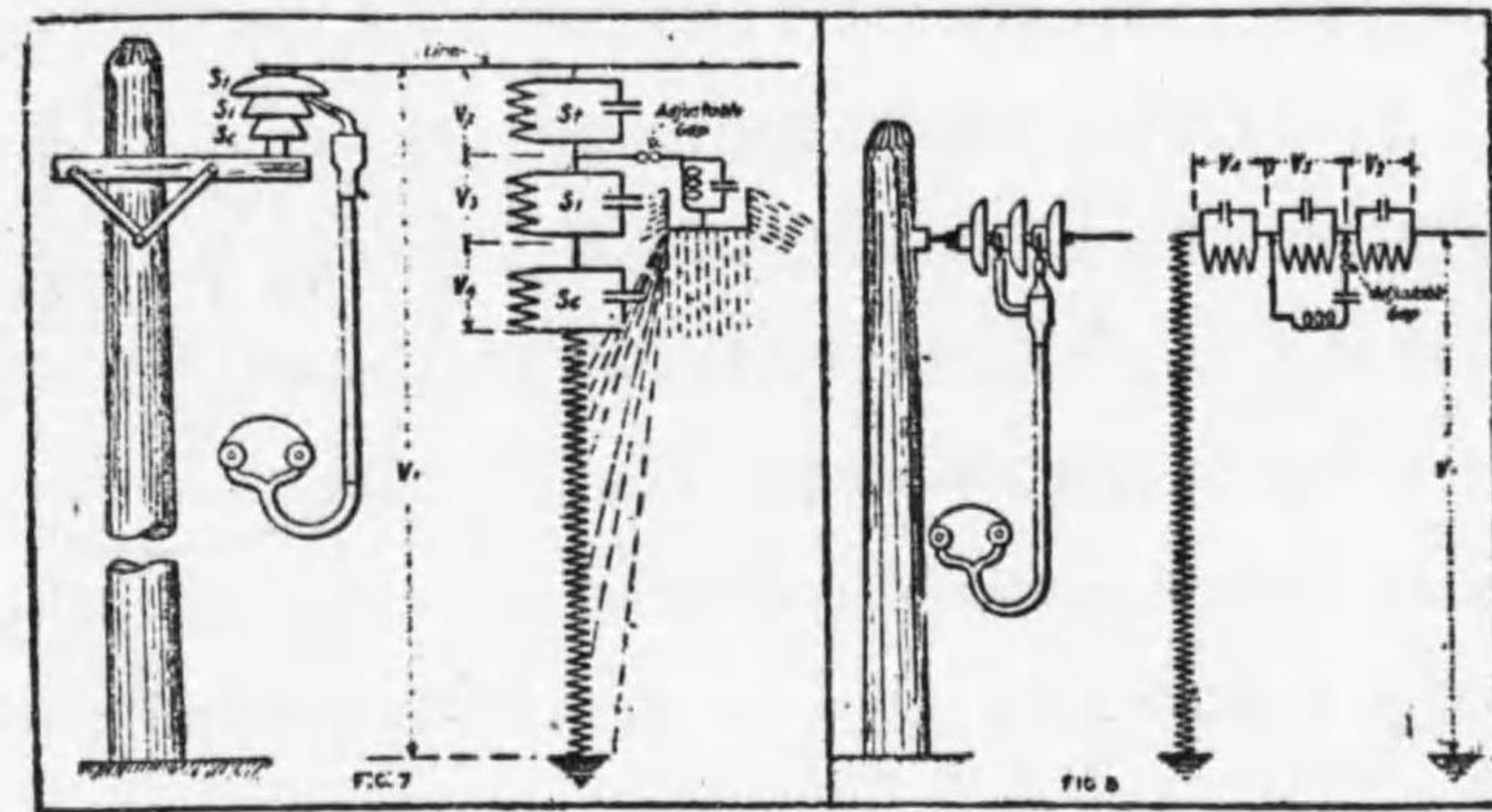
間に充分の電壓の係れる證據なれば、其アークの長さ碍見て良否を判定す。

(ロ) スパークギャツプ法 此の方法に於ては上記金屬の間にギャツプを作り優良碍子の時に飛ぶ距離と劣化せる碍子の飛ぶ距離を見る。

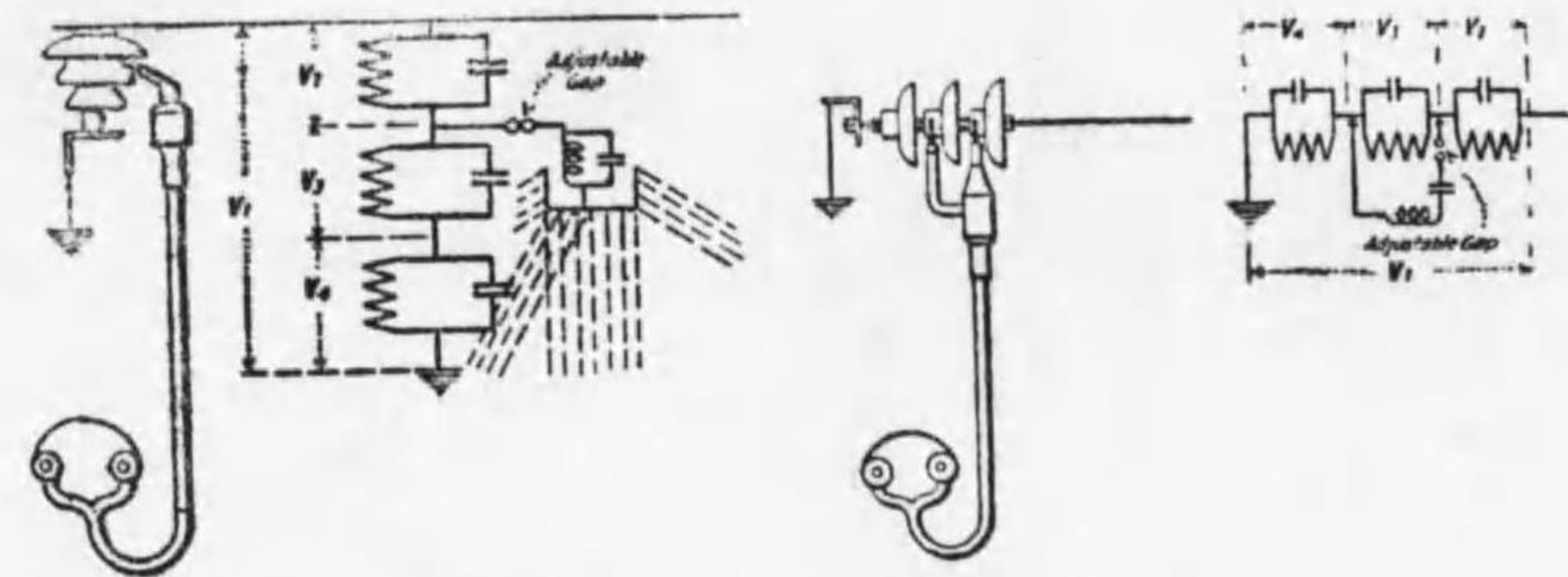
(3) 絶縁せる安全電話法 本器は第 42 圖第 43 圖の如き構造を有し調整し得る gap を通して放電せしめ電氣振動を誘起せしめ電話の受話器に長きゴム管や木管を通して聞く様にせらる。

(4) エイスロメーターを使用する方法此の器具は歐洲に於て生ける 4000—25000 V の線路にある碍子に用ひられ好成績を収む。本器の構造は靜電電壓計の夫と同一にして 10 cm (4") の直径を有する筒を絶縁臺の上に

のせ筒には二本の高壓用ブツシングを取付く。此のブツシングの外部に 18 cm の長さの可撓スプリングを附す。



第 42 圖 絶縁せる安全電話法



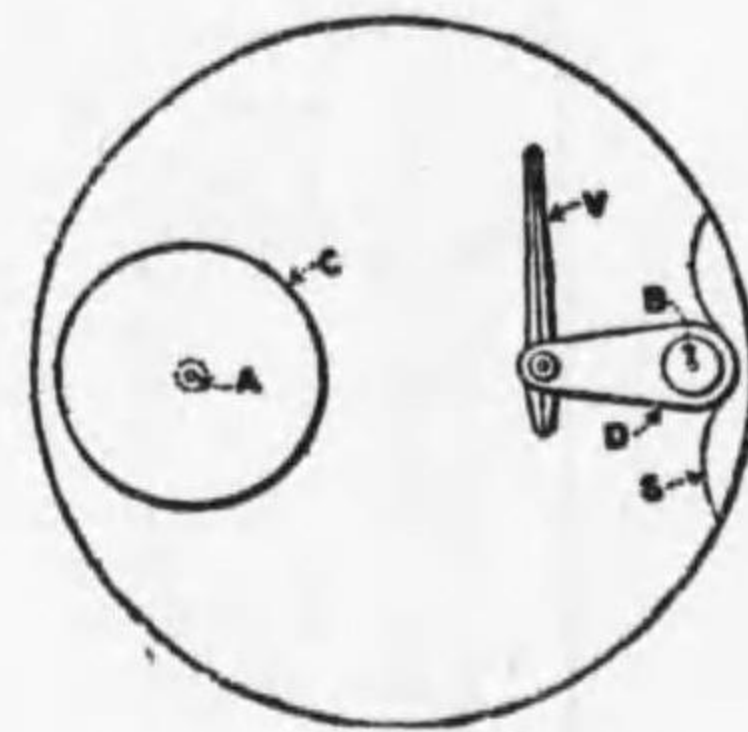
第 43 圖 絶縁せる安全電話法

筒中のブツシングの一つは絶縁物質を以て全く蓋はれ、本器の絶縁を良くする爲め、或ものは 80000 V 以上の電壓に堪えるものあり。他のブツシングの内端より出でし導體の延長の上には輕きアルミニウムの指針を附す。此の金屬針はブツシングに並行なる軸を中心として、回轉し得る如くせらる。此の vane は長さ 5 cm より稍小なるものにして、I 字狀の断面

を有す。此の針はスパイラルスプリングにより、此のメーターの傾きによりて變ぜざる様完全に平均せらる。而して目盛はよき碍子に於ては zero より 90° 回轉し、全く破壊せる碍子に於ては zero より少しも振れざる様にす。

本器は碍子に接触せしむるに便なる爲めに絶縁棒の上にフォークを取付け、第 45 圖の如く何れの方にも回轉し得る如く取付く。

本器の目方は 800 gr.(1.75 lb.) fork を付けて、1050 gr. (2.3 lb) なり。



第 44 圖
エイシロメーターの略圖

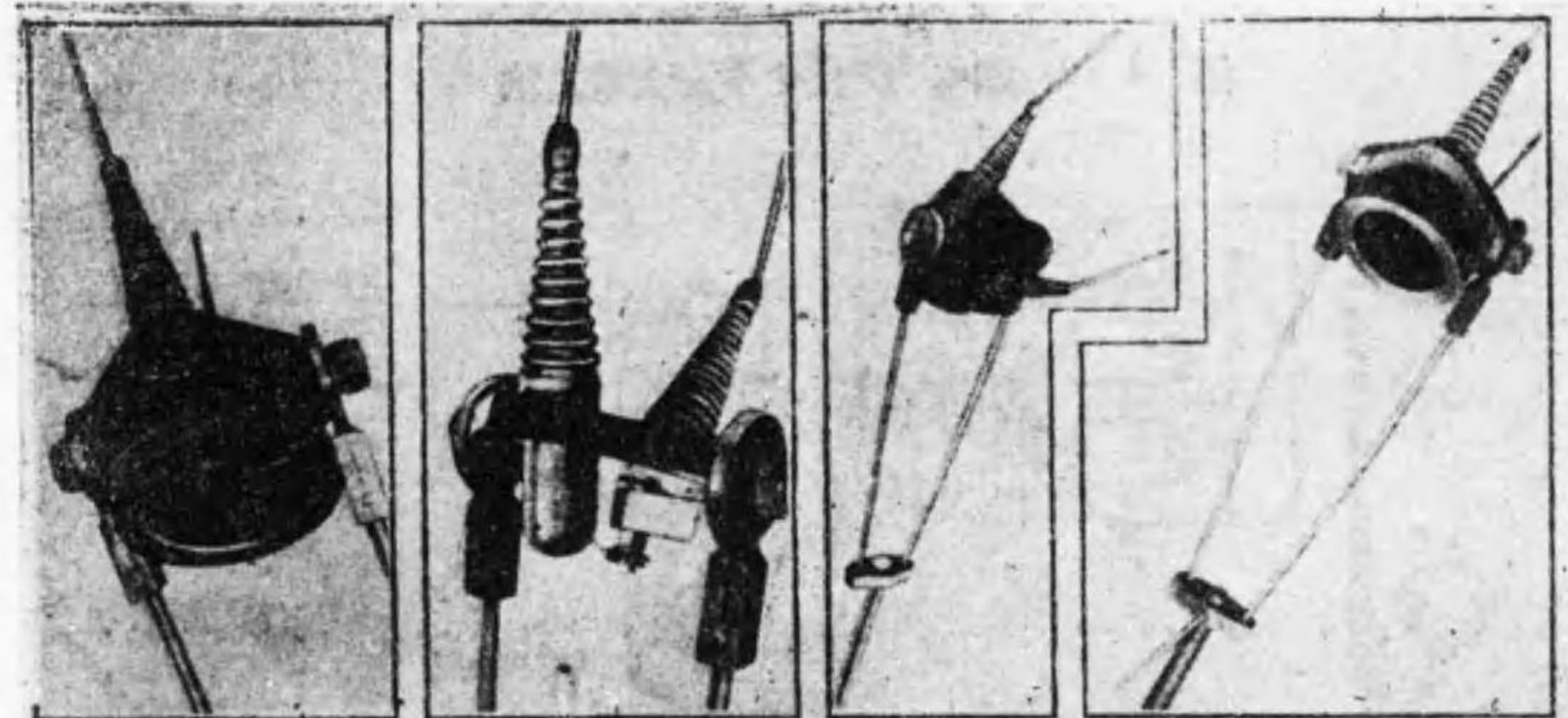


FIG. 2.—INSTRUMENT FOR LIVE-LINE TESTING OF INSULATORS HAS PROVED VERY SATISFACTORY IN EUROPE.
Left—Model of aiskometer for use on live arrangement of insulators. Right—Front view of aiskometer and its shaft and suspension. Insulators. Left, center—Interior of aiskometer showing the supports and transmitting shaft. Right, back view of aiskometer and its shaft and suspension. Insulators.

第 45 圖 エイシロメーターの使用圖

作用説明

第 44 圖に示せる略圖につき

A 及び B二つの導體の端にして其の延長が碍子の試験すべき兩端に到る。

- C絶縁ブツシグ 此の絶縁が主として本器の絶縁力を與ふ。
- V可動指針 B と電氣的に接続す。
- DV の支點を有する部分。

若し A と B との間に電壓の差あらば V の兩端は A に吸引せらる可し。其結果或る一定の合成回力を生じ V はある指度を示す。

若し B が大地に接続せられ居れりとせば、合成力は單に指針を回轉せしむる方向に働く。然し若し B と大地の間に電壓の差存するならば、力線は單に A と B との間のみならず、大地と B, D, 又は V の間にも存在すべし。

故に A と B と同一の電壓なりとも V に回轉力を生ず可し。

今 D を B の周圍に回轉して、ある電壓に對して適當の位置に調整せば、大地との間の電壓による作用を實際的に支障なき程度にする事を得。然し碍子の電壓は線に近きものと遠きものによりて異なる故に、本器は碍子の voltage を示すに非ず。優良碍子の時の振れと故障のありし時の振れを示すものなり。

第二章 導 體

1 線番號及び大さ

針金の太さは 10 番線或は 8 番線と云ふが如く、普通番號を以て表はす。此番號にも種々の標準あり、同一 8 番線と雖何の gauge (ゲージ) の 8 番線なるかを併せて言はざれば意味不明なり。普通用ひらるゝ gauge は

- (a) Brown and Sharp wire gauge (B & S 或は B. S.)
(American Standard wire gauge (A. W. G.))
- (b) Birmingham wire gauge (B. W. G.)
- (c) British Standard wire gauge (S. W. G.)

此三者なり。其他斷面積を mm^2 にて表はすもの、直徑を mm にて表はすもの、直徑を吋にて表すもの、或はサーキュラーミル (circular mil) 又はスクエーヤミル (square mil) を以て表す事あり。1 mil は $\frac{1}{1000}$ 吋にして、スクエーヤミルとは斷面積を mil 平方にて表はせしものなり。サーキュラーミルの單位は 1 mil の直徑を有する圓の面積を云ふ。即ち 1 mil の直徑を有する線の斷面積は 1 サーキュラーミルなり。例は $\frac{1}{2}$ " の直徑の圓線は

$$q = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{500^2 \pi}{4} = 196\,500 \text{ sq. mil にして}$$

1 サーキュラーミルの面積は

$$q' = \frac{\pi \times 1^2}{4} = \frac{\pi}{4} \text{ ならば}$$

此針金は

$$\frac{q}{q'} = 500^2 = 250\,000 \text{ circular mil}$$

と云ふが如し。

撚線に於ては B. S. 何番何本撚り、或は何番相當線なる語を用ふ。撚線の一本一本を素線と云ふ。素線の數には一定の關係あり。中心一本なる時は素線の數は

$$3n(n+1)+1$$

にして、中心三本なる時は

$$3(n+1)^2$$

となる。n は中心を 0 番目とし次より第一第二と數へし層數なり。

其他一哩の重量を封度にて表はせし何封度線といふ事あり。多く之は通信線に用ひらる。各ゲージの關係は次の表に示す。

第5表 (銅線表) 共一

gauge		diameter		area		weight		resistance—20°C	
B.&S.	B.W.G. B.W.G.	mils	m.m	sq.in.	sq.m.m.	pound/ 1000 ft.	kg/km	1000 ft.	km
—	—	464.0	11.785	0.1691	109.09	651.6	968	0.04765	0.1576
4/0	—	460.0	11.684	0.1662	107.22	640.5	955	0.04893	0.1605
—	4/0	454.0	11.531	0.1619	104.44	623.9	—	0.05023	—
—	—	432.0	10.972	0.1456	94.56	564.8	840	0.05550	0.1820
—	3/0	425.0	10.795	0.1419	91.54	546.8	—	0.05732	—
3/0	—	409.6	10.404	0.1318	85.03	508.0	756	0.06170	0.2025
—	—	400.0	10.160	0.1257	81.07	484.2	721	0.06450	0.2123
—	2/0	380.0	9.652	0.1134	73.15	437.1	—	0.07170	—
—	—	372.0	9.449	0.1087	70.12	418.8	623	0.07460	0.2453
2/0	—	364.8	9.266	0.1045	67.43	402.8	600	0.07780	0.2552
—	—	348.0	8.899	0.0951	61.37	366.5	545	0.08520	0.2804
—	0	340.0	8.636	0.0908	58.57	349.9	—	0.08957	—
0	—	324.9	8.229	0.0829	53.50	319.5	476	0.09811	0.3320
—	—	324.0	7.629	0.0824	53.19	317.7	472	0.09840	0.3240
—	1	300.0	7.620	0.0707	45.60	272.4	405	0.11500	0.3773
1	—	289.3	7.348	0.0657	42.41	253.3	377	0.12370	0.4059
—	2	284.0	7.213	0.0633	40.87	244.1	—	0.12840	—
—	—	276.0	7.110	0.0598	38.60	230.5	343	0.13600	0.4465

—	—	259.0	6.579	0.0527	33.99	203.1	—	0.1543	—
2	—	257.6	6.544	0.0521	33.63	200.9	299	0.1560	0.5166
—	3	252.0	6.401	0.0499	33.18	192.2	286	0.1630	0.5348
—	—	238.0	6.045	0.0445	28.70	171.5	—	0.1828	—
—	4	232.0	5.893	0.0423	27.27	162.9	243	0.1920	0.6313
3	—	229.4	5.829	0.0413	26.67	154.3	237	0.1960	0.645
—	—	220.0	5.588	0.0380	24.52	146.5	—	0.2139	—
—	5	212.0	5.385	0.0353	22.77	136.0	203	0.2300	0.757
—	—	204.3	5.189	0.0328	21.15	126.4	188	0.2480	0.813
4	—	203.0	5.156	0.0324	20.88	124.7	—	0.2513	—
—	—	192.0	4.877	0.0290	8.68	111.6	165	0.2800	0.922
—	6	181.0	4.621	0.0260	16.77	100.2	149	0.3128	1.023
—	—	180.0	4.575	0.0254	16.42	98.08	—	0.3196	—
—	7	176.0	4.470	0.0243	15.70	93.75	139	0.3340	1.098
—	—	165.0	4.191	0.0214	13.79	82.41	—	0.3803	—
—	8	162.0	4.115	0.0206	13.30	79.46	118	0.3944	1.294
—	—	160.0	4.064	0.0201	12.97	77.48	115	0.4040	1.329
—	—	148.0	3.759	0.0172	11.10	66.30	115	0.4757	—
—	—	144.3	3.665	0.0164	10.55	63.02	93.9	0.4973	2.632
7	—	144.0	8.658	0.0163	10.507	62.76	93.6	0.4970	2.632
—	—	134.0	3.404	0.0141	9.098	54.35	—	0.5766	—
—	—	128.0	3.264	0.0130	8.365	49.98	74.4	0.6271	2.058

2 裸導體

(i) 鐵線 1880年頃迄は、電線と云へば電信線に限られ、導體材料としては全く鐵線のみなりき。其後電力輸送配電の事業盛となるに随つて、電導率に就きて問題を生じ、一方金屬工業の發達と共に銅は廉價となり、今日にては特殊の場合の外鐵線は使用せられず。其使用箇所は

a, 電流小にして機械的強度の大なる事を欲する場合、例へば川越、谷越、積雪多き場所、電氣工作物規程に於て定められたる他線路越、弱電流線路との交叉する場所、其他散在せる人家に點燈する場合。

b, 地線として用ひらる。

c, アルミニウム電纜等の心線として強度を與ふる時に用ふ。

鐵線を使用するに際し注意すべき事項は

- | | |
|------------------|-----------|
| (a) 電氣抵抗 | (b) 表皮作用 |
| (c) 屑金(scrap)の價格 | (d) 職工の勞銀 |
| (e) 電線の壽命 | |

等にして電氣抵抗、表皮作用は第 14 表の如し。屑金としての價は電線架線替に際し屑金として拂下ぐる値段にして、銅線ならば相當の價を有すれども鐵線は全く價値を失ふものなれば、初め費用を計算するに當り考慮に入るゝを要す。職工の勞銀につきては鐵線は銅線より硬きものなれば幾分多くの時間と勞力とを要するが故に勞銀も多く要するなり。銅線の壽命は 25 年以上なるに、鐵線は別表の如く最大 25 年なるを以て其間非常の相違あり。されど電線の壽命は全く其使用場所によりて異なるものにして、殊に海岸又は硫黄の多き煤煙のある所に於ては、鍍金せる亞鉛は硫黄に作用

せらるゝ爲、鐵線は僅か一年を保つのみ。銅に於ては一度亞鉛鍍金の落ちるや、大氣に蝕さるゝ事普通鐵線より速かなり。鐵線には best best (B. B.), extra best best (E. B. B.), 鋼線には Siemens Martin high strength 及び extra high strength 等あり、B. B. 及び E. B. B. 等も低級炭素鋼に屬す。B. B. は支線に E. B. B. は導體として用ひ得べし。鋼線は亦支線、或は長距離柱間に使用せらる。通信線は英國の標準仕様書に従へば低級炭素鋼にして約炭素 0.08% を含有す。支線として用ふる鐵線は軟鋼にして炭素 0.2% を含有す。

英國 Electrical Research Association の依頼を受け、British Engineering Standard Association が National Physical Laboratory にて行へる結果を次に示す。

表中

- a) wrap test とは自己の直徑を有する針金の廻りに捲き付け、次に元にもどし更に捲き付け切れる迄反覆せる回数なり。
- b) ultimate stress は英國の規程により 22°C の溫度に於て、ultimate stress の $\frac{9}{10}$ を 5 秒間掛け残部の $\frac{1}{10}$ を 5 秒間掛けたる結果の平均値なり。
- c) extension (slow loading) とは modulus of elasticity を測る爲に徐々に負荷し、最後に ultimate stress の $\frac{1}{10}$ を 2 秒掛けたる時の大きさ。
- d) efficiency on constituent wires per cent

$$= \frac{\text{ultimate stress of cable (tons per sq. inch)} \times 100}{\text{total ultimate stress of constituent wires (tones per sq. inch)}}$$

e) efficiency on single wire per cent

$$= \frac{\text{ultimate stress of cable (tons per sq. inch)} \times 100}{\text{ultimate stress of single wire (tons per sq. inch)}}$$

f) modulus of elasticity は反覆試験するに従て増大す。

銅撚線、アルミニウム撚線の部にある表中の文字は上記の意味なり。

第6表 亞鉛鍍金鋼鐵線試驗表

summary of results of tests on single wire supplied separately

sample	nominal diameter of wire, inch	primitive limit of proportionality, tons per sq. in.	ultimate stress average values from per sq. in.	extension average values			modulus of elasticity lb. per sq. in. × 10 ⁻⁶		average twists on			minimum value for wrap test								
				10 inches	2 inches	values	1 st	2 nd	6 inches	3 inches										
											1 st		2 nd							
30 tons	{ 0.08 } { 0.128 } { 0.160 }	8.4 6.8 16.6	28.6 28.1 36.6	1.58 1.90 0.95	0.42 0.51 0.32	26.3 27.0 28.0	27.2 27.5 28.3	45 32 26	22 — —	9,6,6,6,6, 9,6,6,6,6,6, 9,6,6,6,6,6,6,										
											40 tons	{ 0.080 } { 0.128 } { 0.160 }	12.7 10.6 12.9	49.2 46.5 53.4	0.09 0.78 0.53	28.7 27.7 27.9	28.7 28.3 28.2	19 5½ 8½	10 — —	9,6,6, 9,1, 9,6,6,6,6,6,
30 tons	{ 0.080 } { 0.128 } { 0.160 }	17.3 10.4 11.1	55.6 27.9 40.0	1.05 1.13 0.52	0.23 0.34 0.19	27.2 27.7 28.2	28.4 28.1 28.2	29 16 5	17 — —	9,6,6,6,6, 9,6,6, 9,6,6,6,6,										
											40 tons	{ 0.080 } { 0.128 } { 0.160 }	16.5 10.4 8.6	51.6 49.7 [49.3	0.06 0.38 0.47	27.7 27.6 27.8	28.7 28.7 28.5	24 3½ 5	14 — —	9,6,6, 9,6,6, 9,6,6,

第 7

tensile strength of short

Sample	N.P.L. mark	maker	type	cross-sectional
				area, sq. in.
30 tons	A K R 4 A	F	7/.080	0.0365
	A K R 4 B	F	7/.128	0.0889
	A K R 4 C	F	4/.160	0.0792
	A K R 4 D	F	7/.160	0.1385
	A K R 4 E	F	19/.160	0.3793
40 tons	A K R 4 F	F	7/.080	0.0361
	A K R 4 G	F	7/.128	0.0905
	A K R 4 H	F	4/.160	0.0814
	A K R 4 I	F	7/.180	0.1443
	A K R 4 J	F	19/.160	0.3925
60 tons	A K R 4 K	F	7/.064	0.0294
	A K R 4 L	F	7/.080	0.0352
	A K R 4 M	F	7/.128	0.0911
30 tons	A K S 4 A	G	7/.080	0.0355
	A K S 4 B	G	7/.128	0.0879
	A K S 4 C	G	4/.160	0.0800
	A K S 4 D	G	7/.160	0.1363
	A K S 4 E	G	19/.160	0.3818
40 tons	A K S 4 F	G	7/.080	0.0358
	A K S 4 G	G	7/.128	0.0903
	A K S 4 H	G	4/.160	0.0813
	A K S 4 I	G	7/.160	0.1410
	A K S 4 J	G	19/.160	0.3772
60 tons	A K S 4 K	G	7/.064	0.0226
	A K S 4 L	G	7/.080	0.0374
	A K S 4 M	G	7/.128	0.0909

表

cables and of constituent wire

short cables			constituent wires	
breaking load, tons	ultimate stress tons per sq. in.	percent extension on 8 in.	total breaking load, tons	ultimate stress tons per sq. in.
1.16	31.8	5	1.09	29.9
2.60	29.2	20	2.65	29.8
2.63	33.2	13	2.56	32.3
4.60	33.2	11	4.66	33.6
12.70	33.5	14	13.10	34.5
1.63	45.2	8	1.57	48.2
3.95	43.6	9	3.90	43.1
3.13	38.4	13	3.22	39.6
5.51	38.2	12	5.62	38.9
14.90	38.0	—	15.50	39.5
1.57	70.1	—	1.57	70.1
2.60	73.9	7	2.54	72.2
6.23	68.3	4	6.30	69.2
1.86	52.4	11	1.88	52.9
5.74	65.3	10	5.84	66.4
3.05	38.1	8	2.86	35.7
5.00	36.7	8	5.06	37.1
16.60	43.5	11	17.12	44.8
1.82	50.8	4	1.90	53.1
4.28	47.4	4	4.35	48.2
3.54	43.5	7	3.58	44.0
5.75	40.8	7	5.80	41.1
13.86	37.2	11	14.30	38.4
1.54	68.1	4	1.47	65.0
2.78	74.3	3	2.84	75.9
2.70	29.7	—	2.68	29.5

第 8

tensile strength of short cables and their constituent

sample	column 1 test on short cable			column 2 test on constituent wire.	
	N.P.L. mark	maker	type	ultimate stress of cable, tons per sq. in.	ultimate stress of wire forming cable, tons per sq. in.
30 tons	{ AKR 4 A	F	7/.080	31.8	29.9
	{ AKR 4 B	F	7/.128	29.2	29.8
	{ AKR 4 C	F	4/.160	33.2	32.3
	{ AKR 4 D	F	7/.160	33.2	33.6
	{ AKR 4 E	F	19/.160	33.5	34.5
40 tons	{ AKR 4 F	F	7/.080	45.2	48.2
	{ AKR 4 G	F	7/.128	43.6	43.1
	{ AKR 4 H	F	4/.160	38.4	39.6
	{ AKR 4 I	F	7/.160	38.2	38.9
	{ AKR 4 J	F	19/.160	38.0	39.5
60 tons	{ AKR 4 K	F	7/.064	70.1	70.1
	{ AKR 4 L	F	7/.080	73.9	72.2
	{ AKR 4 M	F	7/.128	68.4	69.2
30 tons	{ AKS 4 A	G	7/.080	52.4	52.9
	{ AKS 4 B	G	7/.128	65.3	66.4
	{ AKS 4 C	G	4/.160	38.1	35.7
	{ AKS 4 D	G	7/.160	36.7	37.1
	{ AKS 4 E	G	19/.160	43.5	44.8
40 tons	{ AKS 4 F	G	7/.080	50.8	53.1
	{ AKS 4 G	G	7/.128	57.4	48.2
	{ AKS 4 H	G	4/.160	43.5	44.0
	{ AKS 4 I	G	7/.160	40.8	41.1
	{ AKS 4 J	G	19/.160	37.2	38.4
60 tons	{ AKS 4 K	G	7/.064	68.1	65.0
	{ AKS 4 L	G	7/.080	74.8	75.6
	{ AKS 4 M	G	7/.128	29.7	29.5

表

wire and of single wires supplied separately

maker	column 3 tests on single wire supplied separately		column 4 efficiency on constituent wires, per cent	column: efficiency on single wire, per cent
	diameter, inch	ultimate stress, tons per sq. in.		
F	0.080	28.6	106	111
F	0.128	28.1	98	104
F	0.160	36.6	103	91
F	0.160	36.6	99	91
F	0.160	36.6	97	92
F	0.080	49.2	94	92
F	9/128	46.5	101	94
F	0.160	53.4	97	72
F	0.160	53.4	98	72
F	0.160	53.4	96	71
F	0.064	68.3	100	102
F	0.080	71.2	102	104
F	0.128	55.8	99	122
G	0.080	55.6	99	94
G	{ 0.128(30tons)	27.9	98	26
G	{ 0.128(60tons)	62.2	—	105
G	0.160	40.0	107	95
G	0.160	40.0	99	92
G	{ 0.160(30tons)	40.0	97	109
G	{ 0.160(40tons)	49.3	—	88
G	0.008	51.6	96	98
G	0.128	49.7	98	95
G	0.160	49.3	99	88
G	0.160	49.3	99	83
G	{ 0.160(40tons)	49.3	97	76
G	{ 0.160(30tons)	40.0	97	93
G	0.064	61.6	105	110
G	0.080	75.2	98	99
G	{ 0.128(30tons)	27.9	101	106
G	{ 0.128(60tons)	62.2	—	48

第 9 表 (a)

limit of proportionality and Young's modulus
for short cables and for single wires supplied separately

test on shorts cables					
sample	N. P. L. mark	type	sectional area, sq. in.	primitive limit of proportionality	
				load, tons	stress tons per sq. in.
30 tons	AKR4A	7/.080	0.0365	0.54	24.1
	AKR4B	7/.128	0.0889	1.40	24.6
	AKR4C	4/.160	0.0792	0.95	18.9
	AKR4D	7/.160	0.1385	1.40	25.8
	AKR4E	19/.160	0.3793	4.90	15.6
40 tons	AKR4F	7/.080	0.0361	0.50	23.1
	AKR4G	7/.128	0.0905	1.95	18.2
	AKR4H	4/.160	0.0814	1.40	18.0
	AKR4I	7/.160	0.1443	2.20	18.2
	AKR4J	10/.160	0.3925	4.00	21.1
60 tons	AKR4K	7/.064	0.0224	0.78	23.6
	AKR4L	7/.080	0.0352	0.95	22.1
	AKR4M	7/.128	0.0911	2.00	26.4
30 tons	AKS4A	7/.080	0.0355	0.70	25.1
	AKS4B	7/.128	0.0879	2.10	21.7
	AKS4C	4/.160	0.0800	0.95	19.0
	AKS4D	7/.160	0.1363	2.00	23.0
	AKS4E	19/.160	0.3818	7.00	20.8
40 tons	AKS4F	7/.080	0.0358	0.70	15.7
	AKS4G	7/.128	0.0903	1.80	26.1
	AKS4H	4/.160	0.0813	1.35	18.5
	AKS4I	7/.160	0.1410	2.00	20.3
	AKS4J	19/.160	0.3722	6.00	18.4
60 tons	AKS4K	7/.080	0.0226	0.56	19.6
	AKS4L	7/.080	0.0374	1.25	21.3
	AKS4M	7/.128	0.0909	1.35	16.1

第 9 表 (b)

limit of proportionality and Young's modulus
for short cables and for single wires supplied separately

test on shorts cables							maker
modulus (E), lb per sq in. $\times 10^{-6}$							
1 st	2 nd	3 rd	4 th	5 th	10 th		
24.1	25.0	—	—	—	—	F	
24.6	25.0	—	—	—	—	F	
18.9	25.3	—	—	—	—	F	
25.8	25.8	25.0	25.5	25.1	25.3	F	
15.6	22.2	22.7	22.7	22.8	23.1	F	
23.1	25.9	—	—	—	—	F	
18.2	25.1	—	—	—	—	F	
18.0	24.7	—	—	—	—	F	
18.2	24.2	23.4	23.2	23.6	23.5	F	
21.1	22.7	22.3	23.1	23.1	23.2	F	
23.6	25.9	—	—	—	—	F	
22.1	26.0	—	—	—	—	F	
26.4	27.4	—	—	—	—	F	
25.1	26.7	—	—	—	—	G	
21.7	25.6	—	—	—	—	G	
19.0	24.4	—	—	—	—	G	
23.0	25.6	25.7	25.8	25.9	25.7	G	
20.8	24.2	25.6	25.0	25.0	24.8	G	
15.7	23.8	—	—	—	—	G	
26.1	27.3	—	—	—	—	G	
18.5	24.3	—	—	—	—	G	
20.3	24.5	24.1	24.1	24.2	24.2	G	
18.4	24.6	25.1	25.6	25.6	25.2	G	
19.6	24.3	—	—	—	—	G	
21.3	23.5	—	—	—	—	G	
16.1	25.1	—	—	—	—	G	

第 9 表 (c)

Limit of proportionality and Young's modulus for short cables and for single wires supplied separately

diameter, in.	stress at limit of proportionality, tons per sq. in.	test on single wire supplied separately	
		modulus (E), lb per sq. in. $\times 10^{-6}$	
		1 st	2 nd
0.080	8.4	26.3	27.2
0.128	6.8	27.0	27.5
0.160	16.6	28.0	28.3
0.160	16.6	28.0	28.3
0.160	16.6	28.0	28.3
0.080	12.7	28.2	28.7
0.128	10.6	27.7	28.3
0.160	12.9	27.9	28.2
0.160	12.9	27.9	28.2
0.160	12.9	27.9	28.2
0.064	38.2	27.4	28.3
0.080	17.7	23.9	29.3
0.028	13.1	28.8	28.9
0.080	17.3	27.2	28.4
0.128*	10.3	28.5	29.1
0.160	11.1	28.2	28.2
0.160	11.1	28.2	28.2
0.160	11.1	28.2	28.2
0.080	16.5	27.7	28.7
0.128	10.4	27.6	28.7
0.160	8.6	27.8	28.1
0.160	8.6	27.2	28.1
0.160*	11.1	28.2	28.2
0.064	24.1	27.8	28.5
0.086	25.2	28.4	29.2
0.128*	10.4	27.7	28.1

* The nominal strength of this Wire was 60 tons per sq. in.

* The nominal strength strength of this wire was 30 tons per sq. in.

(J.I.E.E. 1923, P 1038)

第 10 表
limit of proportionality and Young's modulus for 100 yard lengths of cables

sample	N. P. L. mark	maker	type	sectional area, sq. inch	load at limit of proportionality, tons	stress at limit of proportionality, tons per sq. inch	modulus (E), lb. per sq. inch $\times 10^{-6}$: —	1 st loading	2 nd loading	3 rd loading	4 th loading	5 th loading	temperature during test, °C	tests of single wires supplied separately for comparison	
														F	F
30 tons	AKR 4 A	F	7/080	0.0365	0.31	8.6	26.0	25.2	26.0	26.0	26.0	26.0	11½	0.080	8.40
30 tons	AKR 4 C	F	4/160	0.0792	1.09	13.8	27.9	27.5	28.2	28.2	28.6	28.6	15	0.160	16.6
30 tons	AKR 4 E	F	19/160	0.3793	—	—	23.1	25.0	28.2	26.7	28.5	28.5	15	0.160	16.6
60 tons	AKR 4 L	F	7/080	0.0352	—	—	22.1	27.4	28.2	28.6	28.7	28.7	5	0.080	17.70
															28.90
															29.30
maker	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
diameter, inch	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
stress at limit of proportionality, tons per sq. inch	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
modulus (E) lb. per sq. inch $\times 10^{-6}$ : —	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
1 st loading	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
2 nd loading	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

(J.I.E.E. 1923, P. 1039)

第 1 1 表

普通亞鉛鍍鐵線性能表

線番 B.W.G.	直徑 ミル 0.001吋	差違 限度 ミル	重 量 華氏 60 度に於ける 1立方呎の重量 7.8 瓦			1 哩 抵抗 萬國オーム	扯斷力 封 度
			1000尺 貫	1000呎 封 度	1 哩 封 度		
6	203	5	13.153	109.396	577.848	10.4	1719
7	108	4	10.341	86.045	454.319	13.2	1350
8	165	4	8.690	72.231	381.908	15.7	1134
9	148	4	6.991	58.146	307.134	19.5	915
10	134	3	5.734	47.687	251.783	23.8	762
11	120	3	4.596	38.243	201.923	29.7	611
12	109	3	3.791	31.552	166.596	36.0	513
13	95	3	2.879	23.993	126.549	47.4	390
14	83	3	2.197	18.295	96.598	62.1	298
15	72	2	1.653	13.767	72.691	82.5	228
16	65	2	1.348	11.237	59.243	101.0	186
17	58	2	1.074	8.935	47.181	127.0	148
18	49	2	0.7663	6.374	33.666	178.0	108
19	42	2	0.5666	4.721	24.879	243.0	79
20	35	2	0.3909	3.253	17.177	349.0	55

第 1 2 表

characteristics of iron wire

size B. & S. and circ. mils	weight per mile		size			B. B.		E. B. B.	
	copper	iron or steel	nominal inches, and B. W. G. gauge	actual inches	strength in. lb.	resistance per mile 20 deg. C	strength in. lb.	resistance per mile 20 deg. C	
*3 000 000	4 831	4 225	5"/80	0.660	14 000	1.17	12 700	0.99	
2 500 000	4 026	3 430	9"/16	0.610	12 000	1.37	10 900	1.17	
0 000 000	3 405	2 690	1"/20	0.495	7 900	2.08	7 200	1.78	
000 000	2 709	2 190	7"/16	0.440	6 400	2.58	5 800	2.21	
0 1 700	1 700	1 560	3"/80	0.360	4 200	3.93	3 300	3.36	
1 1 347	1 347	1 110	5"/16	0.327	3 400	4.76	3 100	4.07	
2 1 072	1 072	875	8"/32	0.285	2 600	6.25	2 400	5.36	
3 671	671	660	1"/4	0.249	2 000	8.20	1 800	7.01	
4 678	678	573	No. 6	0.203	1 900	9.60	1 700	8.21	
5 529	529	450	" 7	0.180	1 500	12.21	1 300	10.44	
6 420	420	378	" 8	0.165	1 200	14.53	1 100	12.42	

* stranded cable

** solid wire

第 1 3 表

galvanized steel cable

nominal inches and B. W. G. gauge	size		ordinally grade		Siemens Martin		high strength		extra high strength	
	actual inches	strength in. lb.	resistance per mile 20 deg. C	strength in. lb.	resistance per mile 20 deg. C	strength in. lb.	resistance per mile 20 deg. C	strength in. lb.	resistance per mile 20 deg. C	strength in. lb.	resistance per mile 20 deg. C
5"/8*	0.600	14 000	1.31	19 000	1.88	25 000	1.92	42 500	1.96	
9"/16	0.610	12 000	1.62	15 500	2.32	21 000	2.37	34 000	2.42	
1"/20	0.495	8 500	2.45	11 000	3.51	18 000	3.58	27 000	3.66	
7"/16	0.444	6 500	3.05	9 000	4.36	15 000	4.45	22 500	4.54	
3"/80	0.363	5 000	4.63	6 800	6.62	11 500	6.76	17 200	6.90	
5"/16	0.327	3 810	5.62	4 800	8.03	8 100	8.20	12 100	8.37	
9"/32	0.285	3 100	7.34	4 400	10.51	7 300	10.73	10 900	10.95	
1"/4*	0.249	2 300	9.72	3 000	13.90	5 100	14.20	7 600	14.50	
No. 6**	0.203	1 800	11.30	2 400	16.30	3 900	16.60	5 800	17.00	
" 7	0.189	1 400	14.60	1 900	20.80	3 100	21.20	4 600	21.60	
" 8	0.165	1 200	17.20	1 600	24.60	2 600	25.10	3 900	25.60	

* stranded cable.

** solid wire.

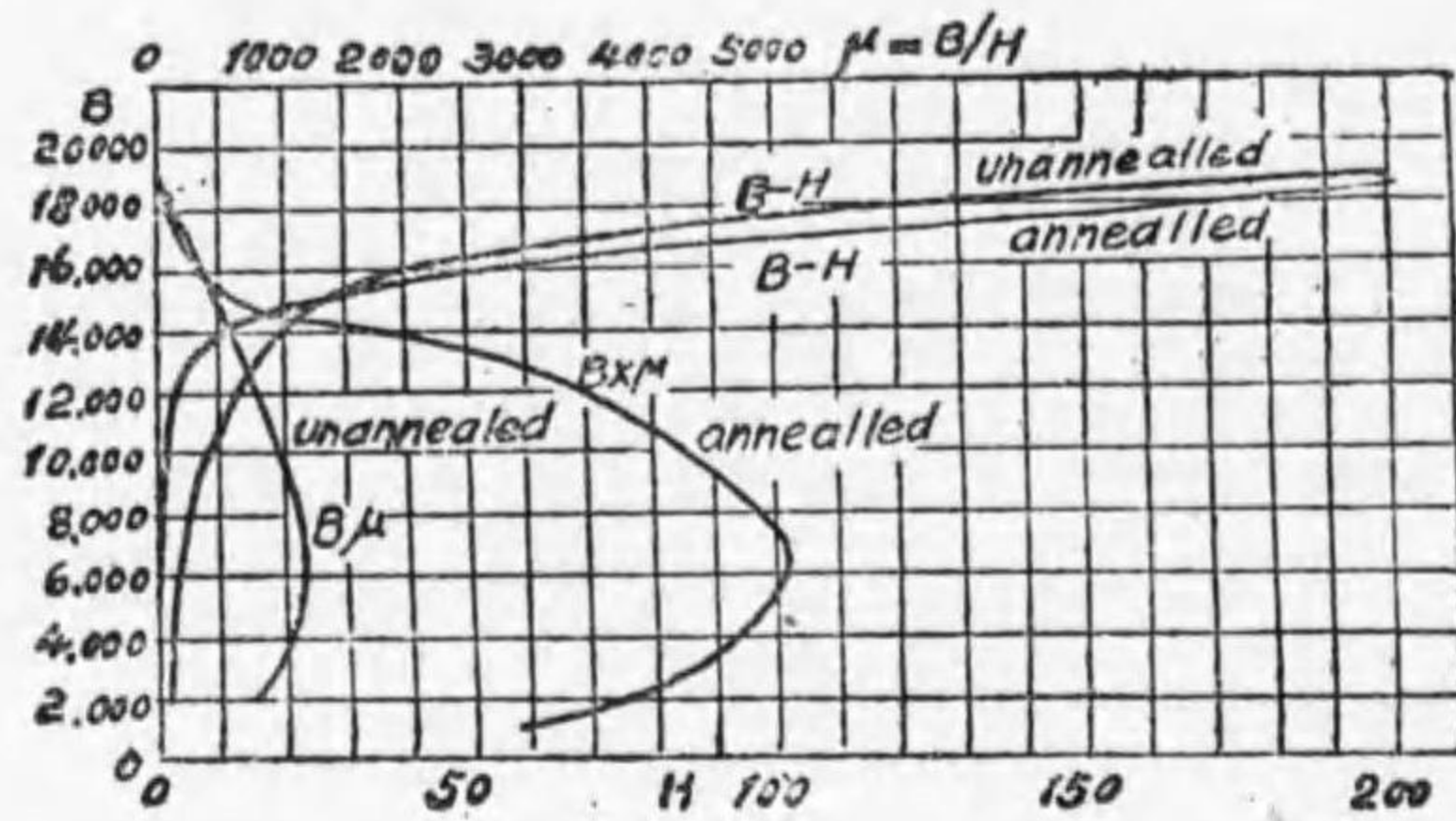
第 1 4 表

resistance factors

standard size of telegraph wire

size of wire	25 cycles	60 cycles	2 000 cycles	10 000 cycles	50 000 cycles	100 000 cycles	1 000 000 cycles
4	1.9	3.0	17.0	39	86	120	390
5	1.8	2.8	16.0	36	80	110	360
6	1.6	2.5	15.0	33	73	105	330
7	1.5	2.3	13.0	29	65	92	290
8	1.3	2.1	12.0	27	60	85	270
9	1.2	1.9	11.0	24	54	76	240
10	1.1	1.7	9.7	22	48	69	220
11	*	1.5	8.7	19	44	62	190
12	*	1.4	7.9	18	39	56	180
14	*	1.1	6.0	13	30	43	130

* the skin effect may be considered negligible



第 4 6 圖

magnetization and permeability curves
of galvanized iron telegraph wire

conditions of installation	useful life of iron wire
near blast furnaces, smelters, chemical plants or on the sea coast	1 year
in large cities where soft coal is used or near the sea coast	3—5 year
in inland towns where there is little smoke from soft coal	5—15 year
in inland country districts where there is little or no smoke	15—25 year

(ii) 銅線 銅線には硬銅線(hard drawn copper wire)と軟銅線(soft copper wire)の二種あり。硬銅線は軟銅線より抵抗 2—3% 大なれども機械的強度甚だ大にして、軟銅線の最小扯斷力 2 390—2 460kg/cm²(34 000—35 000 lb/□")なるに對し硬銅線は 4 220—4 920 kg/cm²(60 000—70 000 lb/□")の強さを有す。時には硬銅線と軟銅線との中間にある 3 114—3 515 kg/cm²(45 000—50 000 lb/□")の強さを有するもの使用せらる。

第 15 表 銅線の物理的性質

物理的性質	軟 銅 線		硬 銅 線	
			B. S. No. 12 以上	B. S. No. 13 以下
導電率(%) 萬國軟銅標準	100		98	97.5
直徑 d ミルなる 線の抵抗(オーム) 攝氏 20 度 (華氏 68 度) 1 哩	$\frac{54.559}{d^2}$		$\frac{55.878}{d^2}$	$\frac{56.163}{d^2}$
同 1000 呎	$\frac{10.371}{d^2}$		$\frac{10.583}{d^2}$	$\frac{10.637}{d^2}$
攝氏 15.6 度 (華氏 60 度) 1 哩	$\frac{53.814}{d^2}$		$\frac{54.930}{d^2}$	$\frac{55.218}{d^2}$
同 1000 呎	$\frac{10.192}{d^2}$		$\frac{10.403}{d^2}$	$\frac{10.458}{d^2}$
抵抗温度係數攝氏 每 1 度基準攝氏 20 度	0.00393		0.00385	0.00383
密度攝氏 20 度	8.89		8.89	
1 立方吋重量封度	0.321 21		0.321121	
同 匁	38.8428		38.8428	
直徑 d ミルなる 線の重量(貫)				
1000 尺	0.000363965 d ²		0.000363965 d ²	
1000 呎	0.000396076 d ²		0.000366076 d ²	
1 哩	0.00193288 d ²		0.00193289 d ²	
比熱 平均值	0.093		0.093	
熔融温度 攝氏	1100°		1100°	
線膨脹係數 攝氏每 1 度平均值	0.000017		0.000017	
* 扯斷力 (t) 每 平方吋封度最小値	30 000—40 000		t = 67 200 - 40 d	

* d = 線直徑(ミル) t = 扯斷力每平方吋(封度)

第 16 表 B. S. 標準硬銅線性能表

線番 B. S.	直徑 ミル	切斷面積 サークミル	一千呎の抵抗 萬國オーム		一哩の抵抗 萬國オーム		最小扯斷力 1 平方吋封度	最小伸長率 (10 吋) %
			攝氏 15.6 度 (華氏 60 度)	攝氏 20 度 (華氏 68 度)	攝氏 15.6 度 (華氏 60 度)	攝氏 20 度 (華氏 68 度)		
000 000	580	336 400	0.03093	0.03146	0.1633	0.1661	50 000	2.9
00 000	516	266 256	0.03907	0.03975	0.2063	0.2099	50 000	2.8
0 000	460	211 600	0.04917	0.05001	0.2596	0.2641	51 000	2.7
000	410	168 100	0.03189	0.03295	0.3263	0.3324	51 800	2.6
00	365	133 225	0.07809	0.07643	0.4123	0.4194	53 000	2.4
0	325	105 625	0.03849	0.0002	0.5201	0.5290	54 200	2.3
1	289	83 521	0.05560	0.0246	0.6577	0.6690	55 600	2.1
2	258	63 564	0.05228	0.1563	0.8252	0.8394	56 900	2.0
3	229	52 441	0.04119	0.1984	1.017	1.066	58 000	1.9
4	204	41 616	0.03269	0.2500	1.320	1.343	59 600	1.8
5	182	33 124	0.02602	0.3141	1.658	1.687	59 900	1.7
6	163	26 214	0.02051	0.3964	2.093	2.119	60 700	1.6
7	144	20 736	0.01629	0.5017	2.649	2.695	61 400	1.5
8	128	16 384	0.01287	0.6350	3.353	3.410	62 100	1.4
9	114	12 996	0.01021	0.8005	4.227	4.300	62 800	1.3
10	102	10 404	0.008171	1.000	5.280	5.371	63 800	1.2
11	91	8 281	0.006504	1.256	6.633	6.748	64 800	1.1
12	81	6 561	0.005153	1.586	8.372	8.517	65 700	1.0
13	72	5 184	0.004071	1.017	10.650	10.830	66 500	0.9
14	64	4 096	0.003217	2.553	13.480	13.710	67 000	0.9
15	57	3 249	0.002552	3.219	17.000	17.290	67 500	0.8
16	51	2 601	0.002043	4.021	21.230	21.590	67 800	0.8
17	45	2 025	0.001590	5.164	27.270	27.740	67 800	0.7
18	40	1 600	0.001257	6.548	34.510	35.100	68 000	0.7
19	36	1 296	0.001018	8.069	42.610	43.340	68 200	0.7
20	32	1 024	0.0008042	10.390	53.920	54.850	68 200	0.7

第 17 表 標準燃銅線表

燃線 B.S	燃線直徑 ミル	燃線切斷面積 サークミル	1000 呎重量 封度	1000 呎抵抗 萬國オーム(攝氏 20 度)		近似番線 B.S	燃線と近似番線との面積の差		
				軟銅線	硬銅線		サークミル	百分率	
7/18	120	11 200	34.257	0.9357	0.9297	10	+	796	7.62
7/17	135	14 175	43.357	0.7393	0.7583	9	+	1179	9.08
7/16	153	18 207	55.690	0.5756	0.5903	8	+	1823	+11.13
7/15	171	22 743	69.565	0.4603	0.4726	7	+	2007	9.68
7/14	192	28 672	87.705	0.3655	0.3749	6	+	2428	9.25
7/13	216	36 288	110.995	0.2888	0.2963	5	+	3164	9.56
7/12	243	45 927	130.479	0.2282	0.2329	4	+	4311	+10.36
7/11	273	57 967	177 306	0.1808	0.1845	3	+	5526	+10.53
7/10	306	72 828	222.761	0.1439	0.1458	2	+	6264	9.41
19/9	342	90 972	278.260	0.1152	0.1176	1	+	7451	8.92
19/8	384	114 688	350.800	0.09138	0.09324	0	+	9063	8.58
19/18	200	30 403	93.086	0.3451	0.3540	5	-	2724	8.20
19/17	225	38 475	117.813	0.2727	0.2797	4	-	3141	7.54
19/16	255	49 419	151.325	0.2123	0.2177	3	-	3022	5.76
19/15	285	61 731	189.026	0.1700	0.1743	2	-	4833	7.26
19/14	320	77 824	233.304	0.1348	0.1383	1	-	5697	6.83
19/13	360	98 496	301.604	0.1065	0.1093	0	-	7129	6.76
19/12	405	124 659	381.715	0.08397	0.08588	00	-	8569	6.44
19/11	455	157 339	481.786	0.06668	0.06804	000	-	10761	6.41
19/10	510	197 676	650.300	0.05307	0.05416	000	+	29576	+17.60
19/90	570	246 924	756.104	0.04249	0.04336	0000	+	35324	+17.17
19/80	640	311 296	953.216	0.03370	0.03439				

37/18	280	59 200	181.328	0.17730	0.18180	2	-	7364	-11.06
37/17	315	74 925	229.496	0.14010	0.14370	1	-	8596	-10.30
37/16	357	96 237	294.776	0.10910	0.11180	0	-	9388	-8.89
37/15	399	120 213	368.217	0.08730	0.08954	00	-	13012	-9.76
37/14	443	151 552	464.210	0.06925	0.07102	000	-	16548	-9.85
37/13	504	191 808	587.515	0.05471	0.05614	0000	-	19792	-9.36
37/12	567	242 757	743.571	0.04323	0.04411				
37/11	637	306 397	938.506	0.03435	0.03495				
37/10	714	384 948	1 179.108	0.02726	0.02782				
37/9	798	480 852	1 472.870	0.02183	0.02227				
37/8	896	606 208	1 856.839	0.01731	0.01767				
61/18	360	97 600	288.986	0.10750	0.11030	0	-	8025	7.60
61/17	405	123 525	378.408	0.08497	0.08497	00	-	9700	7.28
61/16	459	158 661	486.014	0.06615	0.06785	000	-	9439	5.63
61/15	513	198 189	607.130	0.05296	0.05452	0000	-	13411	6.34
61/14	476	249 856	765.410	0.04401	0.04309	0000	+	38256	+18.10
61/13	648	316 224	968.730	0.03319	0.03405				
61/12	729	400 221	1 226.014	0.02623	0.02676				
61/11	819	505 141	1 547.465	0.02078	0.02120				
61/10	918	634 614	1 944.350	0.01654	0.01688				
61/9	1 026	792 756	2 428.555	0.01324	0.01351				
61/8	1 152	999 421	3 061.666	0.01050	0.01072				

本表に記載せる重量は燃線のピッチをピッチダイヤメーターの 20 倍とし計算

したるものにして實際製造の場合は上記の数値よりも大なるを普通とす。

第18表 平方耗標準銅線重量及抵抗表

切斷平方耗	面積		直徑		重量			量		抵抗	
	サ-キユ ラ-ミル	平方 ミル	ミル	耗	100米	1000米	1000呎	1000米	1000呎	1000米	1000呎
0.5	986.8	0.7979	31.11	4.4450	1.1853	2.9869	10.510				
0.75	1480	0.9772	38.47	6.6675	1.7780	4.4803	7.007				
1.0	1974	1.128	44.42	8.8900	2.3707	5.9783	5.225				
1.5	2960	1.954	54.41	13.335	3.5560	8.9607	3.505				
2.0	3917	1.596	62.83	17.780	4.7414	11.948	2.628				
2.5	4931	1.781	70.24	22.225	5.9267	14.935	2.102				
3	5921	1.954	76.95	26.670	7.1120	17.921	1.752				
5	7894	2.257	88.85	35.560	9.4826	23.895	1.314				
4	9863	2.523	99.34	44.450	11.853	29.869	1.051				
6	11840	2.761	108.8	53.340	14.224	25.843	0.8759				
7	13820	2.985	117.5	62.230	16.595	41.816	0.7507				
8	15790	3.192	125.7	71.120	18.965	47.790	0.6563				
9	17760	3.385	133.3	80.010	21.336	53.764	0.5839				
10	19740	3.568	140.5	88.900	23.707	59.738	0.5255				
12	23680	3.909	153.9	106.68	28.148	71.686	0.4379				
14	27630	4.222	176.2	124.46	33.189	83.633	1.322				
16	31580	4.514	177.7	142.24	37.931	95.500	0.3285				
18	35520	4.787	188.5	160.02	42.672	107.53	0.2920				
20	39400	5.046	198.7	177.80	47.414	119.48	0.2523				
25	49340	5.642	222.1	222.25	59.267	149.35	0.2102				
35	69070	6.767	252.8	311.15	82.973	209.08	0.1502				
50	98680	7.979	314.1	444.50	118.530	298.69	0.1051				
70	138200	9.441	371.7	622.30	165.950	418.16	0.7507				
95	187500	11.000	433.0	844.55	225.210	517.51	0.05532				
120	236800	12.360	486.6	1066.80	284.450	716.86	0.01379				

第19表 硬銅線試驗表
summary of results of tests on single wire supplied separately

nominal diameter of wire, inch	primitive limit of proportionality, tons per sq. in.	ultimate stress		extension, inches		modulus of elasticity, lb per sq. in. X 10 ⁻⁶		average twists on	minimum value for wrap test	relative conductivity at 20° C			
		slow loading, sq. in. tons per sq. in.	quick loading, sq. in. tons per sq. in.	slow loading, 10 in. 2 in.	quick loading, 10 in. 2 in.	1st	2nd						
0.104	10.9	28.4	30.3	0.10	0.06	0.12	0.07	18.0	18.7	40	30	9.6,6	98.4
0.136	6.4	27.5	28.7	0.12	0.07	0.16	0.08	18.3	18.9	30	15	9.6,6	98.4
0.144	6.2	27.6	28.4	0.14	0.09	0.18	0.11	18.7	19.6	32	—	9.6,6	98.8
0.166	5.3	26.0	26.9	0.13	0.09	0.21	0.12	18.3	18.5	31	—	9.6,6	99.1
0.185	7.1	25.5	26.2	0.19	0.13	0.24	0.13	18.2	18.3	23	—	9.6,5	99.2
0.215	4.0	22.7	23.4	0.19	0.14	0.29	0.16	16.7	17.0	25	—	2.6,6,6,6	99.2
N. P. L. mark AKL													
0.104	11.5	28.3	29.0	0.10	0.06	0.14	0.06	17.5	18.4	80	44	9.6,6	98.5
0.136	7.5	27.8	28.4	0.10	0.07	0.13	0.07	17.8	18.2	59	32	9.6,6,6	98.5
0.144	6.8	27.2	27.9	0.11	0.07	0.14	0.08	17.5	18.1	52	—	9.6,6,6,6	97.9
0.166	6.9	26.8	27.4	0.13	0.09	0.17	0.09	18.2	18.8	49	—	9.6,6	98.8
0.185	9.6	26.6	27.3	0.17	0.09	0.18	0.10	16.9	17.0	36	—	9.6,6	98.8
0.215	8.2	26.8	27.0	0.20	0.11	0.20	0.10	16.4	17.2	37	—	12.6,6,6	98.2
N. P. L. mark AKN													
0.114	9.4	29.7	27.7	0.15	0.08	0.21	0.09	18.4	19.3	65	39	9.6,6	97.7
0.136	9.4	28.1	28.5	0.12	0.07	0.20	0.10	18.4	19.0	47	26	9.6,6	97.9
0.144	7.6	28.3	29.0	0.10	0.07	0.19	0.10	18.2	18.7	51	—	9.6,6	97.9
0.166	6.1	27.1	27.9	0.16	0.08	0.26	0.12	18.3	18.8	38	—	9.6,6	97.9
0.185	9.6	27.9	28.1	0.19	0.11	0.21	0.11	17.8	18.2	33	—	9.6,6	97.5
0.215	6.1	26.9	27.4	0.12	0.10	0.26	0.12	17.8	18.4	23	—	12.6,6	97.7

第 20 表 硬鋼撚線試驗表
tensile strength of short cable and constituent wire

N.P.L. mark	maker	type	short cables				constituent wire	
			cross-sectional area, sq. in.	breaking load, tons	ultimate stress, tons/in. ²	percent extension on 8 in.	total breaking load, tons	ultimate stress, tons/in. ²
AKL 4A	A	3/.166	0.0647	1.58	24.4	5	1.65	25.5
AKL 4B	A	7/.166	0.1512	3.79	25.1	5	3.92	25.9
AKL 4C	A	7/.215	0.2525	5.74	22.7	4	5.95	23.6
AKL 4D	A	19/.144	0.3063	7.78	25.4	2	8.36	27.3
AKL 4E	A	19/.166	0.4057	10.30	25.4	—	10.60	26.1
AKL 4F	A	37/.144	0.592	15.00	25.3	3	16.10	27.2
AKN 4A	B	3/.166	0.0656	1.61	24.6	6	1.68	25.6
AKN 4B	B	7/.166	0.1506	3.93	26.1	5	4.12	27.4
AKN 4C	B	7/.215	0.2297	5.92	25.8	4	6.29	27.4
AKN 4D	B	19/.144	0.3068	7.92	25.8	5	8.49	27.7
AKN 4E	B	19/.166	0.4049	9.97	24.6	—	10.95	27.0
AKN 4F	B	37/.144	0.5983	15.34	25.6	2	16.10	26.9
AKO 4A	C	3/.166	0.6648	1.70	26.2	6	1.76	27.2

(J.I.E.E. 1923, P. 1006)

第 21 表
tensile strength of short cable and their constituent wire and of single wires supplied separately

column 1 test on short cables		column 2 test on constituent wires, ultimate stress of wires forming cables, ton/in. ²	column 3 test on single wire supplied separately			column 4 efficiency on constituent wires, per cent	column 5 efficiency on single wire slow loading, per cent	column 6 efficiency on single wire quick loading, per cent
N. P. L. mark.	type		diameter, in.	ultimate stress, tons/in. ²	quick loading			
AKL4A	A	3/.166	24.4	0.166	26.0	96	94	91
AKL4B	A	7/.166	25.1	0.166	26.0	97	97	93
AKL4C	A	7/.215	22.7	0.215	22.7	96	100	97
AKL4D	A	19/.144	25.4	0.144	27.6	93	92	89
AKL4E	A	19/.166	25.4	0.166	26.0	97	98	94
AKL4F	A	37/.144	25.3	0.144	27.6	93	92	89
AKN4A	B	3/.166	24.6	0.166	26.8	96	92	90
AKN4B	B	7/.166	26.1	0.166	26.8	95	97	95
AKN4C	B	7/.215	25.8	0.215	26.8	94	96	96
AKN4D	B	19/.144	25.8	0.144	27.2	93	95	93
AKN4E	B	19/.166	24.6	0.166	26.8	91	92	90
AKN4F	B	37/.144	25.6	0.144	27.2	95	94	92
AKO4A	C	3/.166	26.2	0.166	27.1	96	97	94

(J.I.E.E. 1923, P. 1006)

第 2 2 表
limit of proportionality and Young's modulus for short cables
and for single wire supplied separately

N. P. L. mark	type	test on short cables					test on single wire supplied separately									
		cross sectional area, sq. in.	primitive limit of proportionality load, tons	modulus (E), lb./in. ² × 10 ⁻⁶					dia. meter, in.	stress limit of proportionality, tons/in. ²	modulus (E) lb./in. ² × 10 ⁻⁶					
				1st	2nd	3rd	4th	5th			10th	1st	2nd			
AKL4A	A	0.0647	0.66	10.2	13.2	16.6	—	—	—	—	—	A	0.166	5.3	18.3	18.5
AKL4B	A	0.1512	1.70	11.2	13.4	16.2	16.7	16.5	16.7	16.7	16.5	A	0.166	5.3	18.3	18.5
AKL4C	A	0.2525	2.50	9.9	11.9	15.5	14.2	14.3	14.3	14.3	14.4	A	0.215	4.0	16.7	17.0
AKL4D	A	0.3063	3.60	11.8	11.6	14.9	14.8	14.8	14.8	14.8	14.8	A	0.144	6.2	18.7	19.6
AKL4E	A	0.4057	5.80	14.3	10.3	14.7	15.5	16.0	16.0	16.0	16.2	A	0.166	5.3	18.3	18.5
AKL4F	A	0.5920	5.40	9.1	7.3	11.6	12.1	13.5	13.5	13.5	13.8	A	0.144	6.2	18.7	19.6
AKN4A	B	0.6556	0.65	9.9	11.8	13.7	—	—	—	—	—	B	0.166	6.9	18.2	18.8
AKN4B	B	0.1506	0.60	10.6	13.8	15.3	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6	B	0.166	6.9	18.2	18.8
AKN4C	B	0.2297	2.20	9.6	12.1	13.1	12.8	12.8	12.9	12.9	12.9	B	0.215	8.2	16.4	17.2
AKN4D	B	0.3068	3.20	10.4	12.5	15.3	14.7	14.7	14.8	14.8	14.8	B	0.144	6.8	17.5	18.1
AKN4E	B	0.4049	4.00	9.9	12.2	14.2	14.1	14.6	14.6	14.6	14.6	B	0.166	6.9	18.2	18.8
AKN4F	B	0.5983	5.80	9.7	10.6	13.8	13.9	13.9	14.1	14.1	14.9	B	0.144	6.8	17.5	18.1
AKO4A	C	0.0648	0.80	12.4	14.2	16.9	—	—	—	—	—	C	0.166	6.1	18.3	18.8

(I.E.E. 1923, P. 1008)

第 2 3 表
limit of proportionality and Young's modulus for 100-yard lengths of cables

N. P. L. mark	test on single wire supplied separately, for comparison																					
	AKL 4A	AKL 4B	AKL 4C	AKL 4D	AKL 4E	AKL 4F	AKL 4A	AKL 4B	AKL 4C	AKL 4D	AKL 4E	AKL 4F	AKN 4A	AKN 4B	AKN 4C	AKN 4D	AKN 4E	AKN 4F	AKO 4A	AKO 4B	AKO 4C	
maker	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
type	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
area, square inch	3/166	7/166	7/215	0.067	0.1512	0.2525	0.3063	0.4037	0.5920	0.6556	0.1506	0.2297	0.3068	0.4049	0.5983	0.0648	0.1512	0.2525	0.3063	0.4037	0.5920	0.6556
load at limit of proportionality tons per in. ²	0.41	0.63	1.42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
stress at limit of proportionality tons per in. ²	6.30	4.20	5.60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
modulus(E), lb. per in. ² × 10 ⁻⁶	16.8	17.1	12.3	9.5	17.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1
1st loading	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
2nd loading	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
3rd loading	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
4th loading	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
5th loading	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
6th loading	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
temperature during test °C	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

* This cable (AKN4F) unfortunately become kinked in one place while uncoiling from the drum. The kink was apparent throughout the test, and partly accounts for the low values obtained for modulus (E).

(I.E.E. 1923 P. 1009)

第 2 4 表
conductivity test on single wire supplied separately (see table 1 A)

maker	nominal diameter of wire, inch	resistivity at 20°C micro ohms for a centimeter cube		percentage relative mass conductivity at 20°C	
		hard	after annealing	hard	after annealing
A	0.104	1.75 ₁	1.71 ₈	98.4	100.4
	0.136	1.75 ₁	1.71 ₁	98.4	100.8
	0.144	1.74 ₅	1.71 ₅	98.8	100.5
	0.166	1.74 ₀	1.71 ₁	99.1	100.8
	0.185	1.73 ₉	1.70 ₀	99.2	101.4
	0.215	1.73 ₉	1.71 ₀	99.2	100.8
	mean ..	1.74 ₄	1.71 ₁	98.9	100.8
B	0.104	1.75 ₀	1.70 ₈	98.5	101.0
	0.136	1.75 ₀	1.70 ₈	98.5	102.1
	0.144	1.76 ₂	1.72 ₅	97.9	100.0
	0.166	1.74 ₅	1.70 ₄	98.8	101.2
	0.185	1.74 ₅	1.70 ₇	98.8	101.0
	0.215	1.73 ₈	1.70 ₀	98.2	100.9
	mean...	1.75 ₁	1.70 ₇	98.4 ₆	101.0
C	0.104	1.76 ₅	1.73 ₅	97.7	99.4
	0.136	1.76 ₁	1.72 ₂	67.9	100.1
	0.144	1.76 ₂	1.73 ₂	97.9	96.6
	0.166	1.76 ₂	1.73 ₃	97.9	99.5
	0.185	1.76 ₈	1.73 ₂	97.5	99.6
	0.215	1.76 ₄	1.72 ₀	97.7	100.3
	mean...	1.76 ₄	1.73 ₁	97.8	99.75

(I.E.E. 1923 P. 1011)

(iii) **アルミニウム線** アルミニウム線は他の導体に比すれば非常に軽く且安価なれば銅線の代用として使用せらる。軟銅の電導率を 100 とせば硬引アルミニウム線の夫は 54, 73—61 にして硬銅線の 98 に比し非常に小なり。アルミニウム線の電導率斯く一定ならざるは純度の異なる爲にして、獨逸にては 0.0315 ohm/m/mm² (硬銅線—0.0178 ohm/m/mm²) とし佛國に於ては 0.03013 とせらる。之を純軟銅を 100 として換算せば前者は 57.4 後者は 60 となる。次に示す英國標準協會の實驗によれば英國の製品は平均約 59.6 の電導率を有するが如し。

平均 58 として同一の長さに同一の抵抗を有する導体につき、銅線とアルミニウム線とを比較せば次の如し。

a 斷面積

$$R = \rho_{al} \frac{l}{q_{al}} = \rho_{cu} \frac{l}{q_{cu}} \quad \therefore \frac{q_{al}}{q_{cu}} = \frac{\rho_{al}}{\rho_{cu}}$$

然るに $\frac{\rho_{al}}{\rho_{cu}} = \frac{1}{\frac{58}{98}} = 1.7 \quad \therefore q_{al} = 1.7 q_{cu}$

R..... l cm なる長さの抵抗をオームにて表はす

ρ_{al} アルミニウム線の固有抵抗(オーム/cm/cm²)

ρ_{cu} 銅線の固有抵抗 (")

q_{al} l なる長さにて R なる抵抗を有するアルミニウム線斷面積 (cm²)

q_{cu} 同上, 銅線斷面積 (")

即ち斷面積は銅線の 1.7 倍となる、之を直徑にて表せば

$$q_{al} = \frac{\pi d_{al}^2}{4}, \quad q_{cu} = \frac{\pi d_{cu}^2}{4}$$

$$\therefore \frac{q_{al}}{q_{cu}} = \left(\frac{d_{al}}{d_{cu}}\right)^2 = 1.7$$

$$\therefore \frac{d_{al}}{d_{cu}} = 1.3 \quad \text{となる。}$$

b 重量比較

W_{al} , W_{cu} を夫々同一抵抗同一長さのアルミニウム線及び銅線の重量とす。

$$\frac{W_{al}}{W_{cu}} = \frac{l q_{al}(S.G.)_{al}}{l q_{cu}(S.G.)_{cu}} = 1.7 \frac{2.7}{8.89} = 0.517$$

$(SG)_{al}$, $(SG)_{cu}$ はアルミニウム及び銅線の比重

之を見れば大さ銅の 1.7 倍なるに拘はらず重量は約 $\frac{1}{2}$ にて足りる事を知る。

c 最小扯断力 太さにより単位面積に對する強さ異なる爲、例を以て之を比較す。B & S#4 の斷面積は 0.0328 平方吋 其時の最小扯断力は 24000 lb/平方吋 なり。故に B & S#4 一本にては $24000 \times 0.0328 = 790 \text{ lbs}$ 之に等しき抵抗を有する硬銅線の太さは $\frac{0.0328}{1.7} = 0.0193 \text{ 平方吋}$ 之と等しき斷面積の番號なきを以て B & S#6 を見れば其斷面積は 0.0206 平方吋 なり。此硬銅線の扯断力は 1225 lb なり。之より斷面積 0.0193 平方吋 の扯断力は $\frac{1225}{0.0206} \text{ lb/平方吋}$ とするを得。

故に同一抵抗を有する硬銅線の扯断力は

$$\frac{1225}{206} \times 193 = 1147 \text{ lbs.}$$

即ちアルミニウム線の最小扯断力は 790

硬銅線の最小扯断力は 1147 となり其比は

アルミニウム線：銅線 = 0.69 : 1 となる。

以上の計算並にアルミニウムの本來の性質より考ふれば硬銅線と比較して次の利害あり。

優れる點は (同一長に同一抵抗を有せしめし時)

- (a) 直徑大となるが爲に電線周圍の電位傾度小となりコロナ損失尠し
- (b) 重量小なれば電柱腕木等に掛る力小なり
- (c) 太くなる故に碍子に取付け易し
- (d) 表面の状態により銅線より雲の附着する事尠し

劣れる點

- (a) ハンダ付不可能なり
- (b) 柔きものなれば傷き易し
- (c) 溫度上昇により膨脹係數大なれば弛度大となる
- (d) 機械的強度小なり
- (e) 太くなるが故風の壓力を受くる事大なり
- (f) 化學作用に對し抵抗弱し
- (g) 電導率小なり

第 2 5 表 硬引アルミニウム捻線試験表

summary of results of test on single wires supplied separately

nominal diameter of wire, inch	primitive limit of proportionality, tons per sq. in.	ultimate stress		extension, inch		modulus of elasticity, lb. per sq. in. $\times 10^{-6}$		average twists on 6 in. 3 in.	minimum value for wrap test	relative conductivity at 20° C	percent of aluminum in wire			
		slow loading, tons per sq. in.	quick loading, tons per sq. in.	slow loading on 10 in. 2 in.	quick loading on 10 in. 2 in.	1 st 2 nd	2 nd 3 in.							
N. P. L. mark, AKM maker, D														
0.133	3.9	10.70	11.2	0.41	0.16	0.49	0.19	10.1	10.1	43	39	9.6,6,6,6,6,6	57.4	—
0.151	3.3	9.60	10.6	0.50	0.20	0.41	0.17	9.7	9.9	42	—	9.6,6,6,6,6,6	57.8	99.11
0.167	4.0	9.95	10.3	0.52	0.21	0.56	0.22	9.6	9.9	42	—	9.6,6,6,6,6,6	57.0	—
0.187	4.5	9.65	9.9	0.50	0.22	0.58	0.22	9.2	9.8	44	—	9.6,6,6,6,6,6	57.0	—
0.212	3.6	8.90	9.5	0.47	0.22	0.50	0.23	9.9	9.9	38	—	12,6,6,6,6,6,6	57.1	99.14
N. P. L. mark, AKP maker, E														
0.133	2.90	9.9	10.7	0.20	0.11	0.35	0.16	9.8	9.90	23	15	9.6,6,6,6,6,6	61.6	—
0.151	2.85	10.1	10.9	0.28	0.16	0.37	0.18	9.7	9.95	21	11	9.6,6,6,6,6,6	61.7	99.67
0.167	3.50	10.3	10.2	0.28	0.15	0.37	0.18	9.7	10.10	19	—	9.6,6,6,6,6,6	61.8	—
0.187	3.25	9.5	9.8	0.40	0.20	0.48	0.23	9.5	9.80	23	—	9.6,6,6,6,6,6	62.2	—
0.212	2.60	9.3	9.6	0.40	0.22	0.44	0.23	9.6	9.70	23	—	12,6,6,6,6,6,6	62.2	99.69

(J.I.E.E. 1923, P. 1018)

第 2 6 表

tensile strength of short cable and constituent wires

N.P.L. mark	maker	type	cable			constituent wires		
			cross-sectional area, sq. in.	breaking load, tons	ultimate stress, tons/in ²	per cent extension on 8 inches	total breaking load, tons	ultimate stress, tons/in ²
AKM 4A	D	3/.151	0.0535	0.56	10.2	4	0.56	10.5
AKM 4B	D	3/.151	0.1254	0.40	11.2	4	1.33	11.0
AKM 4C	D	19/.151	0.3330	3.55	10.7	2	3.71	11.1
AKM 4D	D	19/.212	0.6607	6.65	10.1	2	6.82	10.3
AKM 4E	D	37/.208	1.2410	11.65	9.4	2	12.6	10.2
AKQ 4A	E	3/.151	0.0514	0.61	11.2	4	0.61	11.2
AKQ 4B	E	3/.151	0.1255	1.35	10.8	4	1.41	11.2
AKQ 4C	E	19/.151	0.3359	3.74	11.1	3	3.96	11.8
AKQ 4D	E	19/.212	0.6647	6.48	9.8	3	6.84	10.3
AKQ 4E	E	37/.208	1.2310	11.20	9.1	2	12.20	9.9

(J.I.E.E. 1923, P. 1020)

第 27 表

tensile strength of short cable and their constituent wire and of single wires supplied separately

column 1 test on short cables		column 2 test on constituent wire		column 3 test on single wire supplied separately			column 4 efficiency on constituent wires, per cent	column 5 efficiency on single wire slow loading, per cent	column 6 efficiency on single wire quick loading, per cent		
N. P. L. mark	maker	type	ultimate stress of cable, tons/in. ²	ultimate stress of wire forming cable, tons/in. ²	maker	diameter, in.	ultimate stress, ton/in. ²		per cent		
							slow loading	quick loading			
AKM 4A	D	3/.151	10.5	10.5	D	0.151	9.6	10.6	100	109	99
AKM 4B	D	7/.151	11.2	11.0	D	0.151	9.6	10.6	102	117	106
AKM 4C	D	19/.151	10.7	11.1	D	0.151	9.6	10.6	96	111	101
AKM 4D	D	19/.212	10.1	10.3	D	0.212	8.9	9.5	98	113	106
AKM 4E	D	37/.208	9.4	10.2	D	0.212	8.9	9.5	92	106	99
AKQ 4A	E	3/.151	11.2	11.2	E	0.151	10.1	10.9	100	111	103
AKQ 4B	E	7/.151	10.8	11.2	E	0.151	10.1	10.6	96	107	99
AKQ 4C	E	19/.151	11.1	11.8	E	0.151	10.1	10.9	94	110	102
AKQ 4D	E	19/.212	9.8	10.3	E	0.212	9.3	9.6	95	105	102
AKQ 4E	E	37/.208	9.1	9.9	E	0.212	9.3	9.6	92	98	95

(J.I.E.E. 1923, P. 1020)

第 28 表
limit of proportionality and Young's modulus for short cables and for single wire supplied separately

tests on short cables		test on single wire supplied separately													
N. P. L. mark	maker	type	cross-sectional area, sq. in.	primitive limit of proportionality load, tons	modulus (E), lb./in. ² × 10 ⁻⁶					dia. meter, in.	stress at limit of proportionality, tons/in. ²	stress modulus, (E) lb./in. ² × 10 ⁻⁶			
					1st	2nd	3rd	4th	5th			10th	1st	2nd	
AKM 4A	D	3/.151	0.0535	0.16	5.4	7.0	—	—	—	—	D	0.151	3.3	9.7	9.9
AKM 4B	D	7/.151	0.1254	0.62	6.9	9.0	—	—	—	—	D	0.151	3.3	9.7	9.9
AKM 4C	D	19/.151	0.3330	0.65	4.8	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	D	0.151	3.3	9.7	9.9
AKM 4D	D	19/.152	0.6607	3.20	5.4	8.3	7.8	7.9	7.9	7.9	D	0.212	3.6	9.9	9.9
AKM 4E	D	37/.208	1.2410	4.50	2.6	5.6	6.9	7.0	7.1	7.1	D	0.212	3.6	9.9	9.9
AKQ 4A	E	3/.151	0.0535	0.16	7.3	7.9	—	—	—	—	E	0.151	2.8	9.7	9.9
AKQ 4B	E	7/.151	0.1255	0.37	6.7	8.7	—	—	—	—	E	0.151	2.8	9.7	9.9
AKQ 4C	E	19/.151	0.3359	0.85	5.2	8.3	8.8	8.8	8.9	8.9	E	0.151	2.8	9.7	9.9
AKQ 4D	E	19/.212	0.6647	2.00	3.8	5.5	6.0	7.5	7.3	7.3	E	0.212	2.6	9.6	9.7
AKQ 4E	E	37/.208	1.2310	3.00	2.4	6.6	6.9	7.0	7.1	7.1	E	0.212	2.6	9.6	9.7

(J.I.E.E. 1923, P. 1021)

第 29 表
limit of proportionality and Young's modulus for 100-yards lengths of cables,

N. P. L. mark	AKM 4B AKM 4C AKM 4E		AUD 3		AUD 2		AUD 1	
	D	E	D	E	D	E	D	E
maker	7.151	19.151	37.208	7.146	19.146	19.146	37.146	37.146
type	0.1254	0.333	1.241	0.114	0.314	0.314	0.611	0.611
area, sq. in.	0.36	0.73	—	0.476	1.13	1.13	—	—
load at limit of proportionality, tons	2.85	2.20	—	4.180	3.00	3.00	—	—
stress at limit of proportionality, tons per sq. in.	9.2	8.2	7.2	8.9	7.3	7.3	8.4	8.4
modulus (E), lb. per sq. in. $\times 10^{-6}$	9.2	9.1	8.0	9.8	9.2	9.2	9.0	9.0
1st loading	9.0	8.8	8.3	9.8	9.8	9.8	9.5	9.5
2nd loading	9.2	9.6	8.6	9.6	9.3	9.3	9.6	9.6
3rd loading	9.0	9.6	9.0	9.6	9.4	9.4	9.6	9.6
4th loading	11½	9	9	9	10	10	5	5
5th loading								
temperature during test, C°								

maker	tests on single wires supplied separately for comparison	
	D	E
diameter, inch	0.151	0.212
stress at limit of proportionality, tons per sq. in.	0.3	3.6
modulus (E), lb. per sq. in. $\times 10^{-6}$	9.7	9.9
1st loading	9.9	9.6
2nd loading		

No test have been made on the constituent wires on short length of these cables.

(I.E.E. 1923. P. 1022)

第 30 表
conductivity test on single wire supplied separately

mark	nominal diameter of wire, inch	resistivity at 20° C		percentage relative conductivity 20° C compared with annealed copper of equal volume			
		micro ohm for centimeter cube		equal mass		equal volume	
		hard	after annealing	hard	after annealing	hard	after annealing
D	0.133	3.00 ₁	*3.09 _e	188.5	*182.7	57.4	*55.3
	0.151	2.98 ₀	2.90 ₄	189.5	194.8	57.8	59.4
	0.167	3.02 _e	3.00 ₂	187.0	188.4	57.0	57.5
	0.187	3.02 _e	2.97 ₇	187.0	190.0	57.0	58.0
	0.212	3.02 ₁	2.95 _a	187.3	191.2	57.1	58.4
	mean	3.01 ₂	†2.96 ₀	187.9	†191.1	57.3	58.3
E	0.133	2.79 ₈	2.77 ₇	202.2	203.7	61.6	62.1
	0.151	2.79 ₄	2.76 ₃	202.5	204.8	61.7	62.4
	0.167	2.78 ₀	2.71 ₀	202.8	208.7	61.8	63.7
	0.187	2.77 ₃	2.74 ₄	204.0	206.2	62.2	62.9
	0.212	2.77 ₃	2.69 ₈	201.0	209.7	62.2	64.0
	mean	2.78 ₅	2.73 _a	203.1	206.6	61.9	63.0

* This wire was apparently overheated in annealing and the result is, therefore, not reliable.
† In computing the mean the first value has been discarded.

(I.E.E. 1923. P. 1023)

第 3 1 表

conductivity test on constituent wires of cable

N. P. L. mark	maker	type	position of wire of cable	N. P. L. mark for wire	resistivity at -20° C. microohms for a centimeter cube	percentage relative conductivity at 20° C. compared with annealed copper of	
						equal mass	equal volume
AUD 1	E	37/146	Core 2nd layer 3rd layer	AUD1a	2.83 _a	199.3	60.7
				AUD1b	2.84 _s	198.8	60.6
				AUD1c	2.82 ₃	200.4	61.1
AUD 2	E	16/146	Core 1st layer 2nd layer	AUD2a	2.84 ₂	199.1	60.7
				AUD2b	2.83 ₁	199.8	60.9
				AUD2c	2.83 _e	199.5	60.8
AUD 3	E	7/146	Core 1st layer 1st layer	AUD3a	2.83 _a	199.3	60.7
				AUD3b	2.83 _o	199.9	60.9
				AUD3c	2.83 _e	199.5	60.8

(J.I.E.E. 1923, P. 1024)

第 3 2 表

chemical analyses of single wire supplied separately

N. P. L. mark	naker	nominal diameter of wire, inch	silicon, per cent	iron, per cent	copper	aluminium, per cent (by difference)
MO 186	D	0.151	0.44	0.45	trace	99.11
MO 187	D	0.212	0.43	0.43	trace	99.14
MO 188	E	0.151	0.18	0.15	trace	99.67
MO 188	E	0.212	0.17	0.14	trace	99.69

(J.I.E.E. 1923, P. 1024)

(iv) 其他の金屬線

(a) ブロンズ線 (bronze wire) ブロンズ線の中普通使用せらるゝものは硅銅線 (silicon bronze wire) なり。硅銅線は銅に比して電氣抵抗大なれども、機械的強度非常に大なる爲、特別大なる柱間距離に用ひらる。此合金は硅素の含有量により其性質に非常の差違を生ずるものなれば注意するを要す。

第 3 3 表

50C. 硅銅線性能表

線番	直徑 B. S. ミル	差違 限度 ミル	切斷面積		重 量		
			サーキュ ラー ミル	平方吋	1000 尺 貫	1000 呎 封度	1 哩 封度
4	204	2.5	41616	0.032685	15.149	125.97	665.122
5	182	1.5	33124	0.026016	12.053	100.27	529.426
6	162	1.5	26244	0.020612	9.553	79.439	419.938
7	144	1.5	20736	0.016285	7.548	62.766	331.405
8	128	1.5	16384	0.012868	5.964	49.593	261.851
9	114	1.0	12996	0.010207	4.731	39.338	207.705
10	102	1.0	10404	0.0081713	3.787	31.492	166.278
11	91	1.0	8281	0.0065039	3.014	25.066	132.349
12	81	1.0	6561	0.0051530	2.388	19.860	104.861
13	72	1.0	5184	0.0040715	1.887	15.692	82.854
14	64	1.0	4096	0.0032170	1.491	12.298	65.461
15	57	1.0	3249	0.0025518	1.183	9.835	51.929
16	51	1.0	2601	0.0020428	0.9468	7.873	41.569
17	45	1.0	2025	0.0015904	0.7371	6.129	31.361
18	40	1.0	1600	0.0012566	0.5824	4.843	25.571

線番 B.S.	1000 呎の抵抗 萬國オーム		1 哩の抵抗 萬國オーム		最小扯斷力 封度	最小伸 長率 (10吋) %	1 條の 最小重 量 貫	
	攝氏 15.6 度 (華氏 60 度)	攝氏 20 度 (華氏 68 度)	攝氏 15.6 度 (華氏 60 度)	攝氏 20 度 (華氏 68 度)				
4	0.4941	0.4984	2.609	2.632	2125	65000	1.6	7.0
5	0.6208	0.6252	3.278	3.306	1691	65000	1.5	7.0
6	0.7835	0.7904	4.137	4.176	1402	68000	1.4	6.5
7	0.9917	1.000	5.236	5.282	1108	68000	1.2	6.5
8	1.255	1.266	6.627	6.684	914	71000	1.3	6.0
9	1.582	1.596	8.354	8.427	725	71000	1.1	6.0
10	1.977	1.994	10.44	10.53	613	75000	1.0	5.0
11	2.483	2.505	13.11	13.23	488	75000	0.9	5.0
12	3.134	3.161	16.55	16.69	402	78000	0.8	4.0
13	3.967	4.001	20.94	21.13	318	78000	0.7	4.0
14	5.020	5.064	26.51	26.74	264	82000	0.7	3.0
15	6.329	6.384	33.42	33.71	209	82000	0.7	1.5
16	7.906	7.974	41.74	42.11	173	85000	0.7	1.0
17	10.160	10.240	53.62	54.08	135	85000	0.6	0.8
18	12.850	12.960	67.86	68.45	108	86500	0.5	0.5

(b) コンポジット線 (composit wire) 或はバイメタリック線 (bimetallic wire) 異種の金屬の特性を利用し理想的導體を得んとして研究せられしもの之れなり。機械的強度に對しては鋼を用ひ電氣的方面に對しては銅を利用し、併せて鋼の腐蝕を防止せん爲鋼上に銅を被せしもの普通なり。之を copper clad steel wire (銅被鋼線) と云ふ。特別高壓の柱間距離大なる時に用ひらる。

(c) 鋼心アルミニウム ケーブル (aluminium steel wire 或は reinforced steel cored aluminium cable) 1880 年佛國の Monnot 氏が copper clad steel wire を創製してより鋼上にアルミニウムを被せんと企てしもの多し。之れ同一の長さ同一の抵抗を與ふれば種々の金屬中アルミニウムは最も輕きを以てなり。然し不幸にしてアルミニウムは酸化力強く鍍金することを得ず、皆失敗に終り已むなく亜鉛鍍金せる鋼心上にアルミニウムの素線を機械的に撚り合せ其目的に近からしむ。之れ鋼心アルミニウム線なり。此線は前記バイメタリック線と同一理由により機械的に非常に強く電氣的にも優れり。殊に輕きが爲鐵塔及び其基礎の經費を節減する事を得、亦高壓送電の場合コロナ損失を少くする事を得可し。此線は米國に於て多く使用せられ、銅の産額少き佛國に於て亦廣く用ひらる。

此線の使用當初に於て一般に抱かれたる危懼は

- (a) 異種金屬の互に接觸し居る爲電氣化學的に腐蝕せらるゝ事なきか
- (b) 溫度の變化に對する膨脹收縮の度異なる爲不都合の現象を生ぜざるや
- (c) 兩金屬の彈性限度の相違の爲不平均に負荷せらるゝ事なきか。

等の諸點にして (a) に就ては

亜鉛とアルミニウムとは電気化学的列位に就て非常に接近しアルミニウムの方僅陽なり。従つて腐蝕せらるゝとせばアルミニウムの方なれどもアルミニウムは其表面に絶縁性大なる酸化アルミニウムの皮膜を生ずるを以て安定なり。撚線なるが故に毛細管引力にて水分の浸入甚だしく腐蝕甚だしきが如く考へらるゝも実験上何等の支障なし。(b)に就ては元來鋼心線と外部のアルミニウム線とは一見密着せる如く見ゆれども其間空隙あり。温度下降しアルミニウムの方多く収縮すれども單にアルミニウムと鋼と密着する程度に止り、温度上昇すると雖多少空隙を増大せしむるに過ぎず、弛度に於て多少變化あれども大なる不都合は生ぜざるなり。(c)に就ては

鋼線の弾性限度 91.5 kg/sq. mm

アルミニウム線の弾性限度 9.85 kg/sq. mm

此限度に於て 鋼線の伸度は 0.474 %

アルミニウムの伸度は 0.158 % なり。

隨て鋼心アルミニウム線の 0.158 % 伸びたる時アルミニウム線は弾性限度に達す。然し鋼線に於ては未だ大なる豫猶あり 0.158% より猶伸びたる時はアルミニウム線は永久に伸び、ケーブルは製造當時とは全く異なるものとなる。故に此の伸度以内に負荷するを要す。

アルミニウムと鋼との断面積の割合は柱間距離によりて異らしむるを得。鋼心アルミニウム線の機械的強度は製造會社の與ふる實驗式による電氣的計算に際しては鋼心を考の外に置きアルミニウム線の断面積のみを以て取扱ふ。此ケーブルの温度膨脹係数は大約 18×10^{-6} なり。

第 34 表 各種電線表 (其一)

	鋼線		ブロンズ線				アルミニウム硬引線	鋼線	鋼被鋼線	
	硬鋼線	軟鋼線	I	II	III	IV			I	II
固有抵抗 15°C in ohm. m/mm ²	0.0175	0.0172	0.0177	0.0198	0.0283	0.0423	0.029	0.23	0.058	0.0436
固有電導率 15°C mho. m/mm ²	57	58	56.4	50.5	35.4	23.6	34.5	4.35	17.2	22.9
軟鋼線を I とせるもの	0.985	1	0.97	0.87	0.61	0.407	0.595	0.075	0.292	0.395
比 重	8.9	8.9	8.7-8.8				2.7	7.8	8.25	8.35
彈性率(E) kg/mm ²	13 800	10 000	12 000				65 000- 7 200	20 000	20 000	20 000
伸度係數 (1/E)	0.00077	0.0001	0.0000835				0.000154 to 0.000139	0.00005	0.00005	0.00005
攝氏1°に對する 膨脹係數	0.000017	0.0000164	0.0000176				0.000012	0.00012	0.00012	0.00012

第34表 各種電線表 (其二)

破 壊 張 力 Kg/mm^2	直 徑 $m m$	銅 線		ブ ロ ン ズ 線				アルミニウム硬引線	鋼 線	銅 被 銅 線	
		硬銅線	軟銅線	I	II	III	IV			I	II
1		47	26					22		71	67
2			25.6					20		73	69
3		45						20		68	65
4					70 to 65			19	120	63	59
5				65 to 60				18		61	58
6			23.1	50				18			
8		40									
10			22.4							47	45
溫度係數 T_c		0.004	0.004	0.004				0.00392	0.0052	0.0052	
重 量 kg/mm^2 1 meter length		0.0089	0.0089	0.0087-0.0088				0.0037	0.0078	0.0083	

3. フューズ・ワイヤ (fuse wire)

フューズ・ワイヤは熔融點低き合金にて製造せられ、配電線と機械器具との間に入れ過負荷に對し之等の焼損するを防ぐ。凡ての機械器具の出力は過度上昇によりて自ら決定するものなり。此溫度上昇は電流の通過せる瞬間に起るものに非ず、相當の時間を要する事は電線溫度上昇の條に述べたり。従つて電気機械器具を焼損より保護せんとせば通過電流の大なる瞬間に遮斷するよりも、其機械器具の溫度上昇特性に従つて危険なる溫度となる僅か以前に遮斷するを理想とす。かゝる理想的遮斷器の考案せられしもの無きに非ざれども一般に使用せらるゝ程簡便なるものなし。フューズ線に幸に多少此性質を有し瞬間遮斷器より優ると雖も上記條件を十分に具備せしむる事能はず今一段の工夫を要す可し。殊に籠型回轉子を有する誘導電動機に於ては起動電流平常電流の6—8倍の大きさを有するが故に、平常運轉の場合に完全に焼損より保護し得る可熔片を用ひ置かば起動に際し可熔片は熔斷すべし。又起動に際し充分なる大きさのものを使用せば平常運轉の場合保護するを得ず。幸に起動の時間短かければ其中間をとり此時間内に熔斷せざる程度の大きさのものを用ふ。可熔片の必要なる條件は

- a 如何なる状態の下に於ても信頼し得べきものなる事
- b 過負荷の場合回路を完全に遮斷する事
- c 熔斷するに際し適當の時間の後れある事
- d 取扱易き事
- e 取替に際し危険なき事
- f 平常電流の場合溫度低く又熔斷する時に於ても餘り高からず安全な

る事

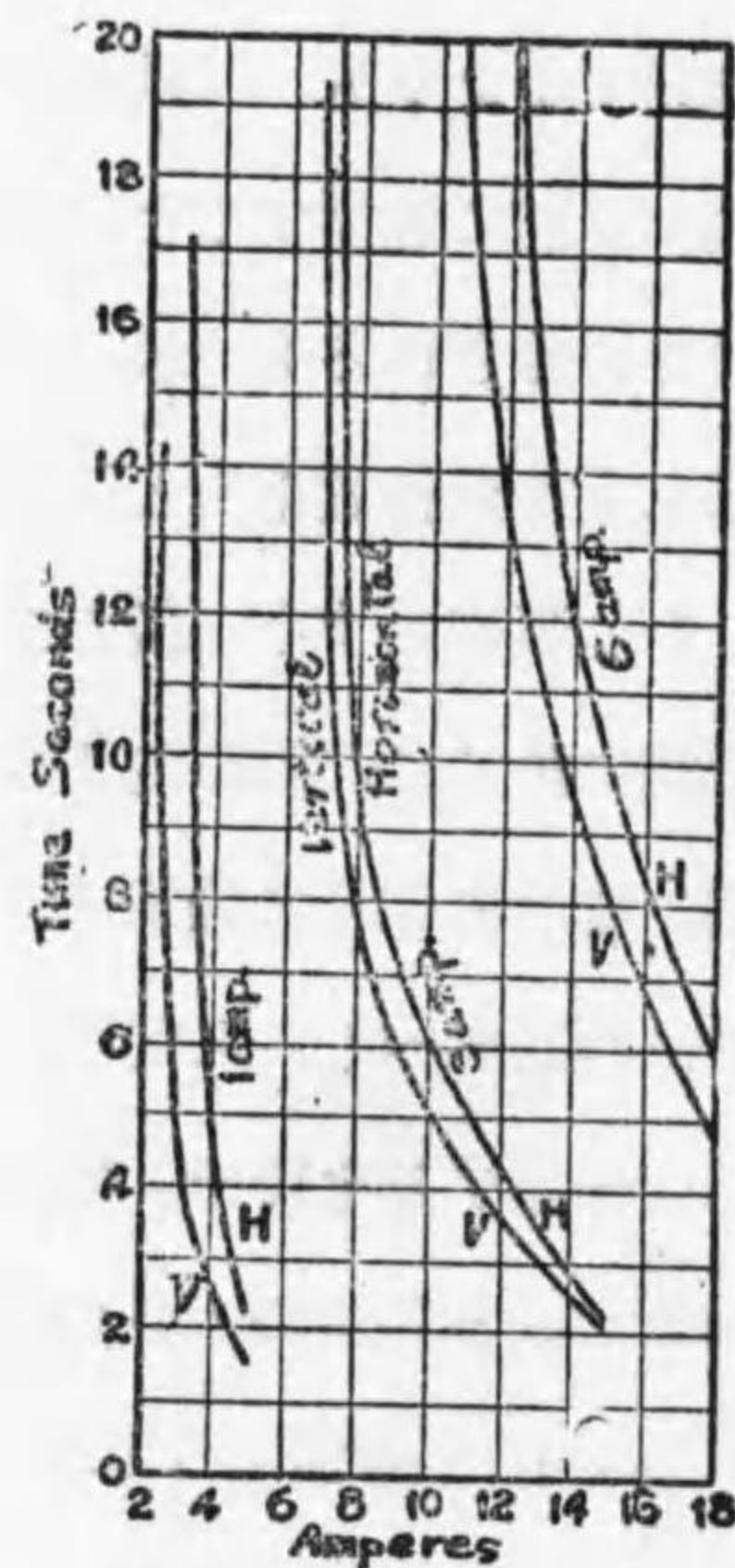
g 其中に失はるゝ電力損失小なる事

等なり。熔断に於ける時間の後れ其他の事に關しては我國に於ては電氣工作物規程本則第十三條細則第十三條第十四條に規定しあり（附録工作物規程参照）。

他電線と同様水平に置ける場合と垂直に於ける場合と其熔断特性を異にする。第 47 圖に示せるものは 1 アンペア、

3 アンペア及び 5 アンペアの試験結果にして H は水平に置ける場合 V は垂直に置ける場合なり。

フューズ線の使用は單に過大電流の通する時熔断せしむるのみに非ず。其使用場所の一定温度以上となれる時熔断するに使用し得べし。例へば電氣脚爐（アンカ）に於て自動的開閉器により温度上昇せば電流を斷ち、冷れば電流通ずる様工夫せられ居れども、此装置に故障ありて温度上昇するに拘はらず電路を遮斷せざる如き場合は、火災を起す虞れあり。斯る場合危険なる温度以下に於て熔断する様熔断點の低き金屬線を用ふ。低温度にて熔断する合金を参考の爲次に掲ぐ。



test on 25 000 V and 66000 V tube fuse and 6 600 V expulsion fuses.

第 47 圖
フューズ線熔断特性

錫	ビスマス	鉛	カドミウム	水銀	熔融温度
—	20	20	—	60	20° C
4	15	8	3	—	65° C
1	2	1	—	—	98° C
8	8	12	—	—	132° C
50	50	—	—	—	160° C
24	8	22	—	—	164° C
67	33	—	—	—	166° C
80	20	—	—	—	200° C

之等鉛の合金は空中にある有機酸、炭酸等の爲に作用せられて表面は炭酸化合物となる。此作用は錫又は錫と鉛の合金に弱く、鉛又は之とビスマスの合金に強し。（酸化作用は微弱なるが好し）。

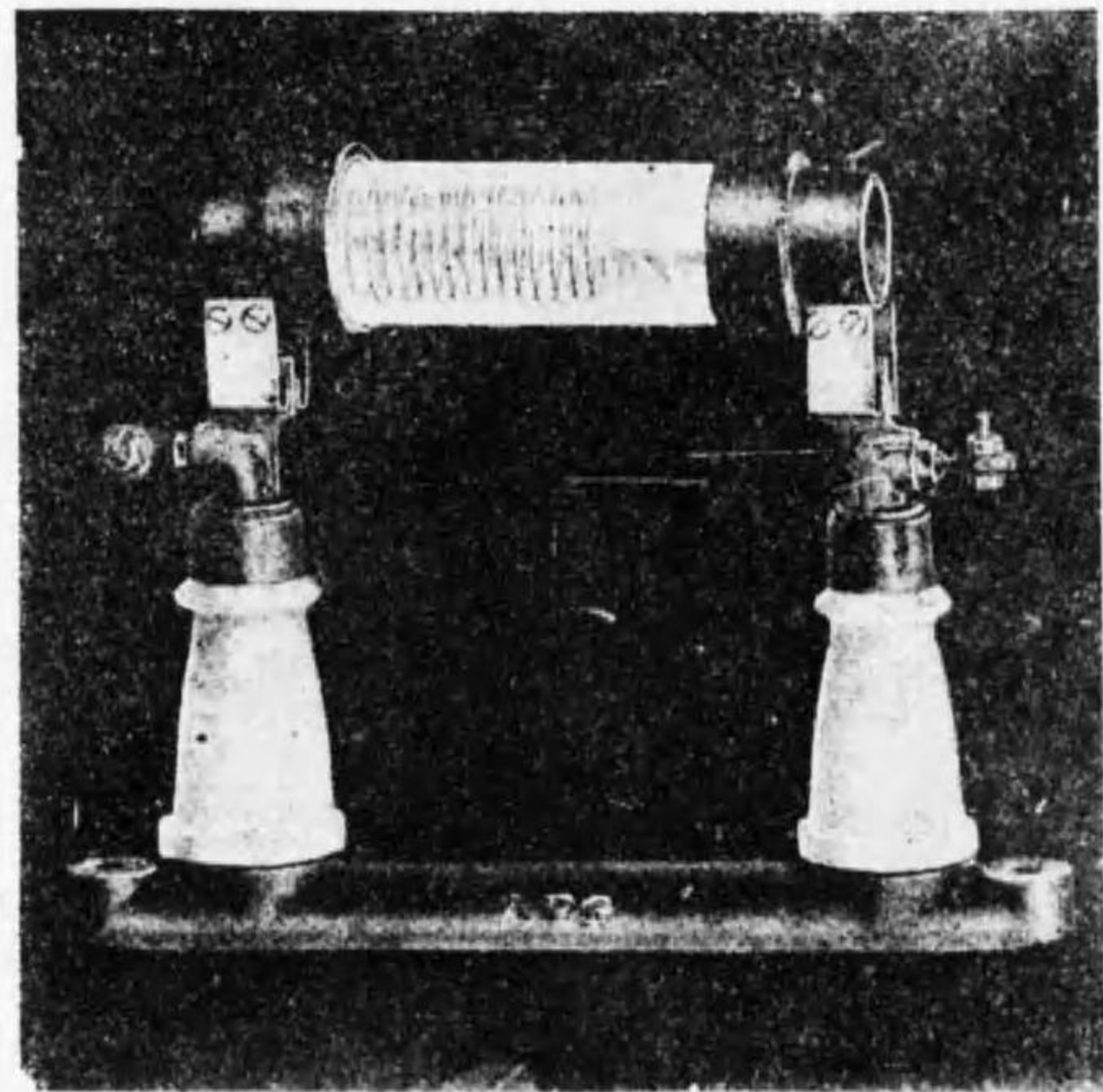
之の作用の爲熔断電流に變化を生じ或は表面硬き外皮に被はれ熔融し居るに拘はらず遮斷せず、甚だしきに至りては電流の通過せざるに斷線するに至る。之に對して發條を用ひ熔融するに至れば直に遮斷する様工夫せられしもの多し。

フューズ線は二様の意味を以て配電線に使用せらる。一は電線の保護とし、一は電流制限器とし需要家の盗電を防ぐ。前者の意味に用ふれば太き線を使用するを得るが故、故障少けれども、後者の意味に用ふれば前記化學作用により故障多し。

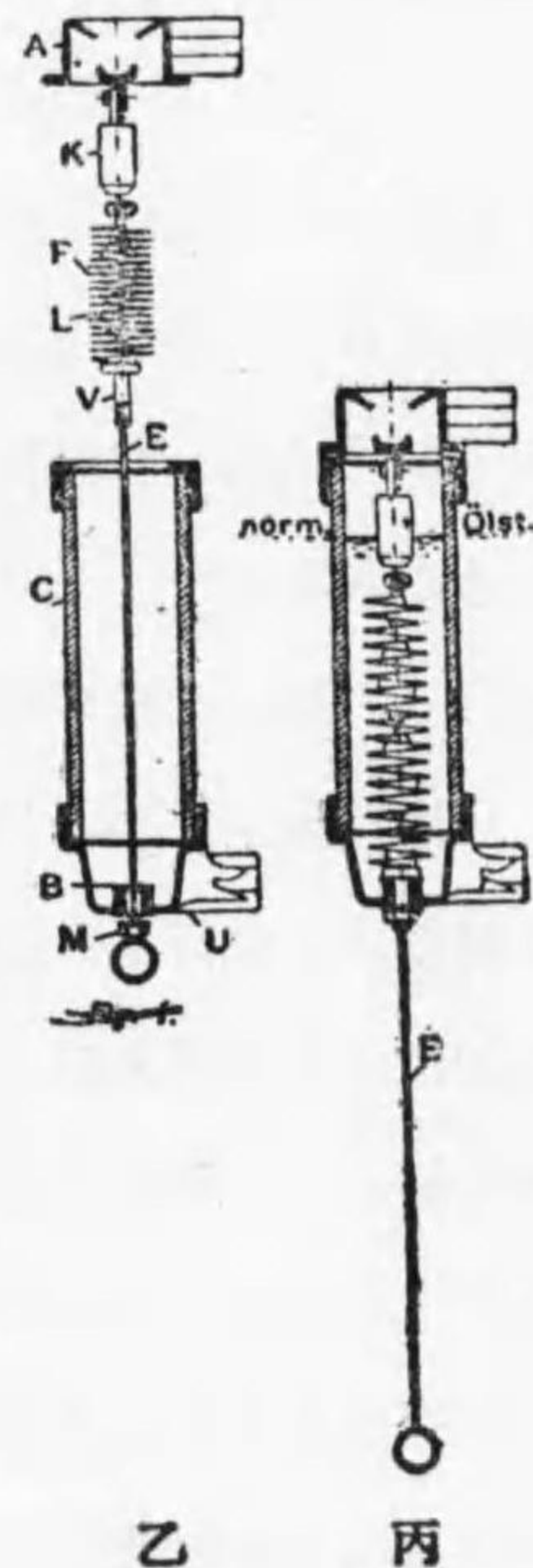
可熔線として銅線を用ふる場合あり。化學作用より見れば鉛化合物より優れども熔融温度 1098° C にして此温度に誤りて可燃物の觸るゝあれば火災の原因ともなり人觸るれば火傷を受くべし。

可熔片臺其他附屬器具 高壓に使用する者と低壓に使用する者とは其構造を異にする。低壓のものに於ては單にフューズ線の兩端を金屬片にて空中

に露出せしめ或は絶縁管中に収む。高圧の場合は之を油中に入れ或は四鹽化炭素 CCl_4 (carbon tetra chloride) の中に藏す。第 48 圖は A. E. G. CO. の製造に係る油入可熔片なり。最大 13 000 V 100 A のものにして乙の C は硝子 K は可熔線を収むる所、F は發條、L は可撓銅線、V は B の鉛製の座と共に硝子中に入れられたる油の漏出を防ぐ。M は止螺子なり。乙は可熔線を取付くる爲に取出せる所、丙は油を入れし所、甲は取付けたる圖なり。A は硝子管上の蓋にして上に開口す。茲より油は絶えず少量宛なれども蒸發す、故に二三ヶ月毎に検査するを要す。可熔線熔斷に際し發

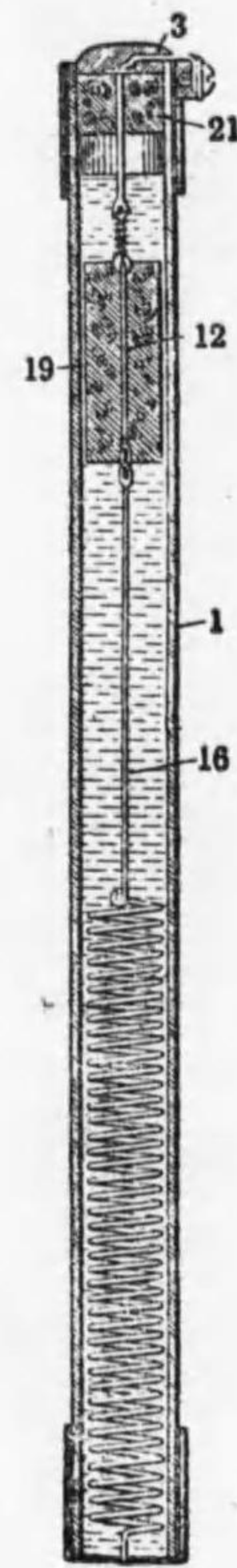


甲
第 48 圖 A. E. G. CO. 製油入可熔片臺

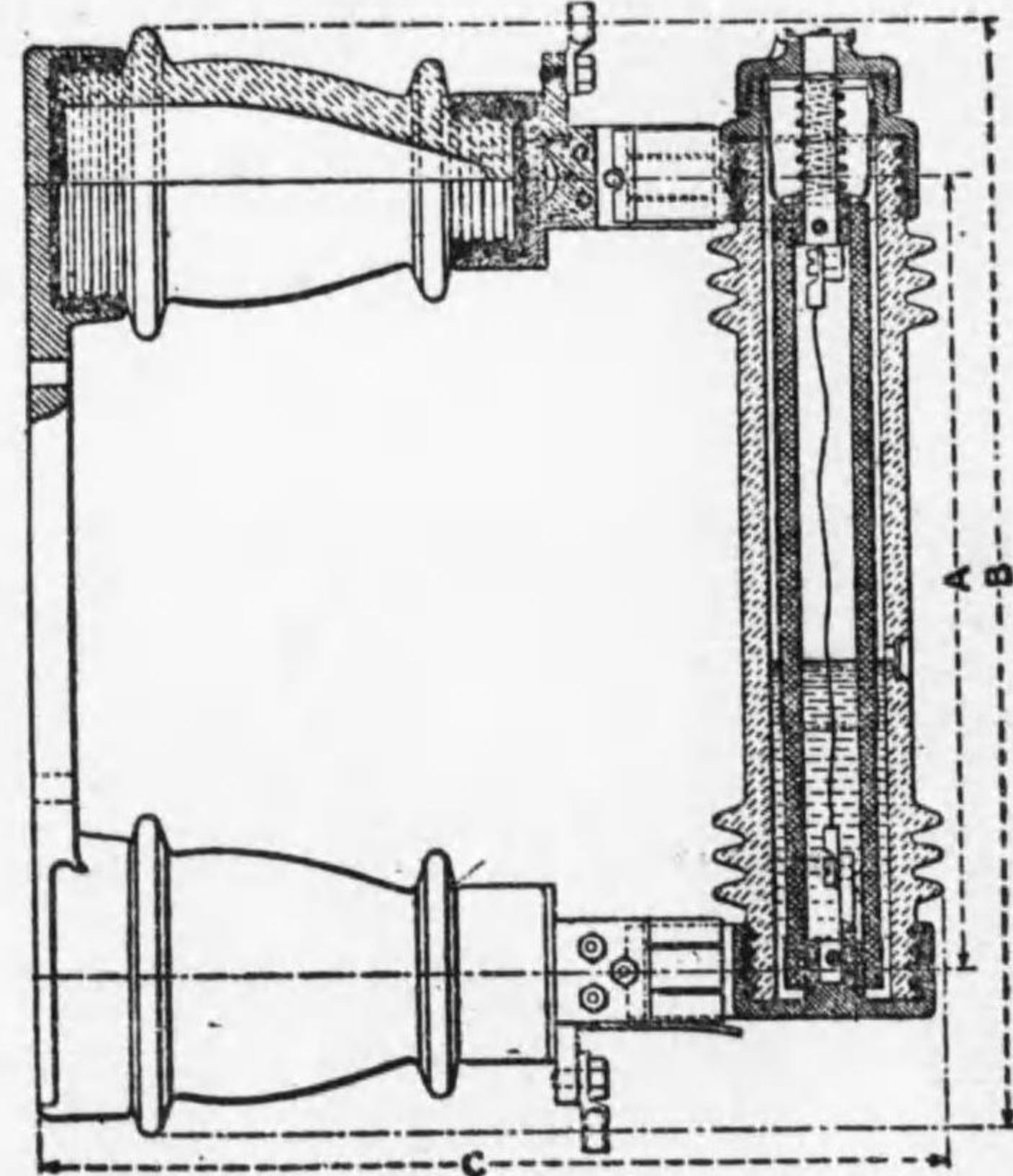


する弧光は油中に引入れるゝが故に消滅す。

第 49 圖も此一種なれども可熔線をコルク中に入れ全部初めより油中に沈む。第 50 圖は極簡單なる油入可熔片の一例なり。

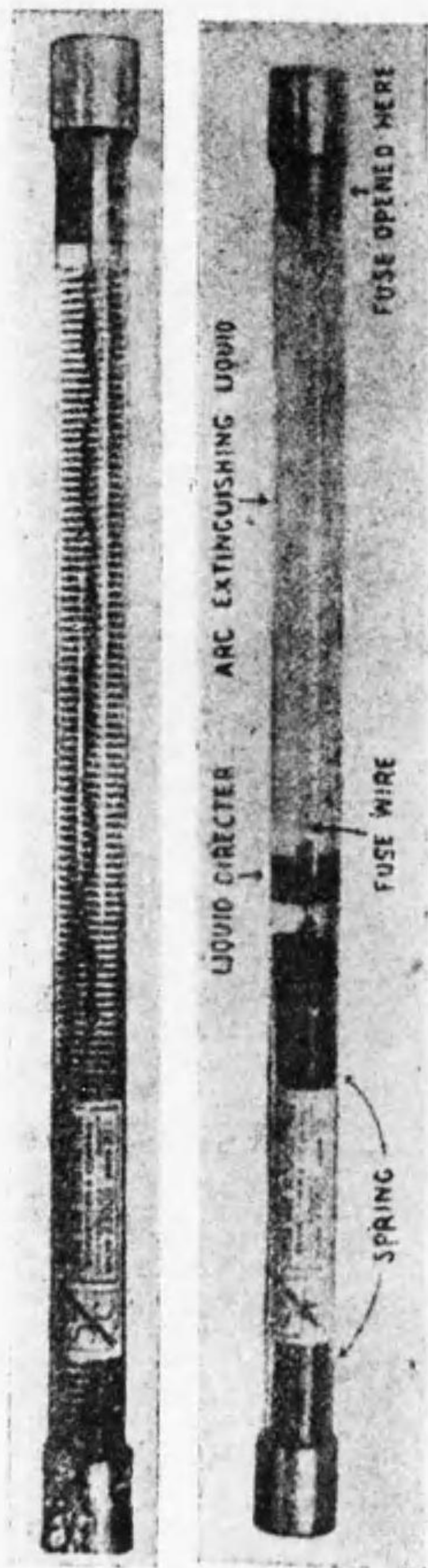


第 49 圖
可熔線をコルク中
に入れたるもの

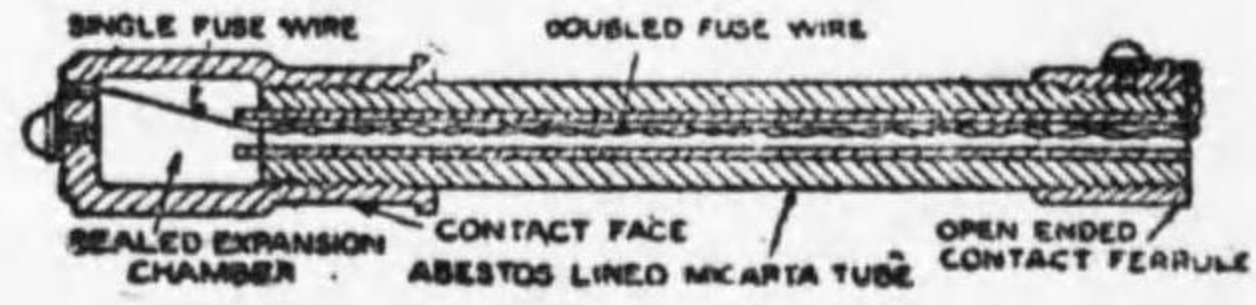


第 50 圖
油入可熔片の一種

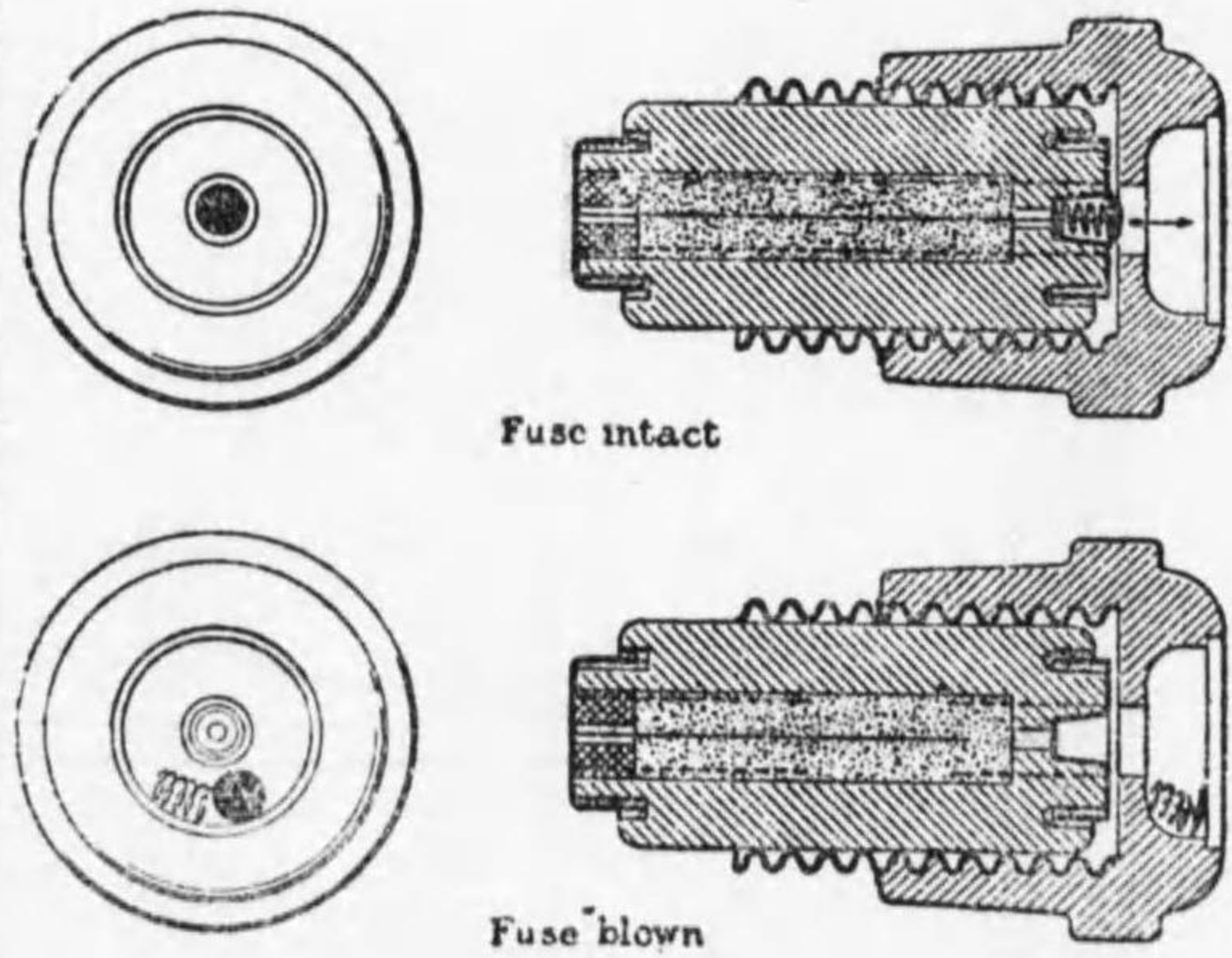
第 51 圖は カーボンテトラ クロライド フューズの熔斷せる前後を示す。第 52 圖は爆發室を備へし expulsion fuse にしてマイカーター管中に於ては二本の可熔線を用ひ爆發室に於ては一本とす。此部屋に於て熔斷



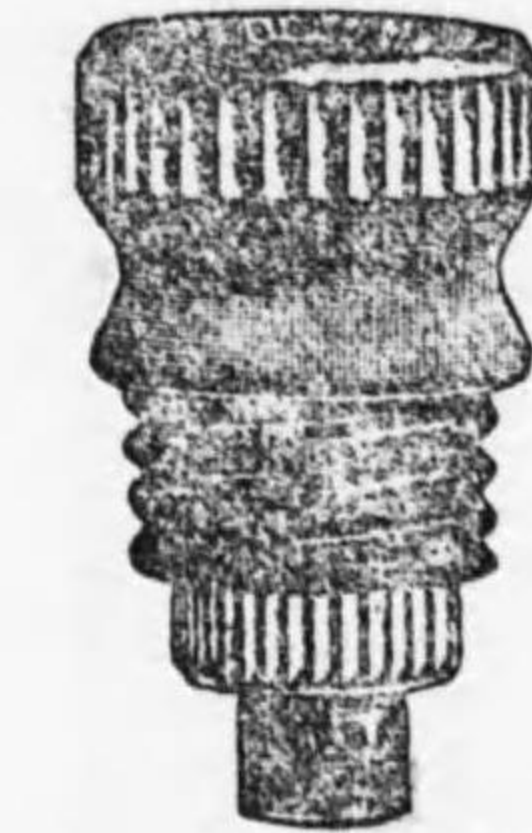
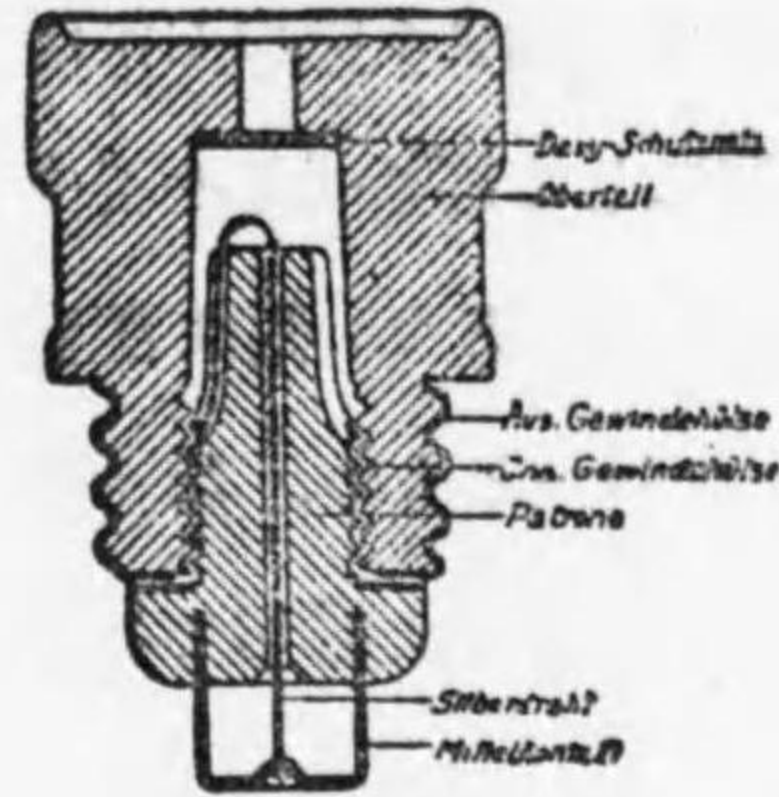
第 51 圖 CCl_4 fuse



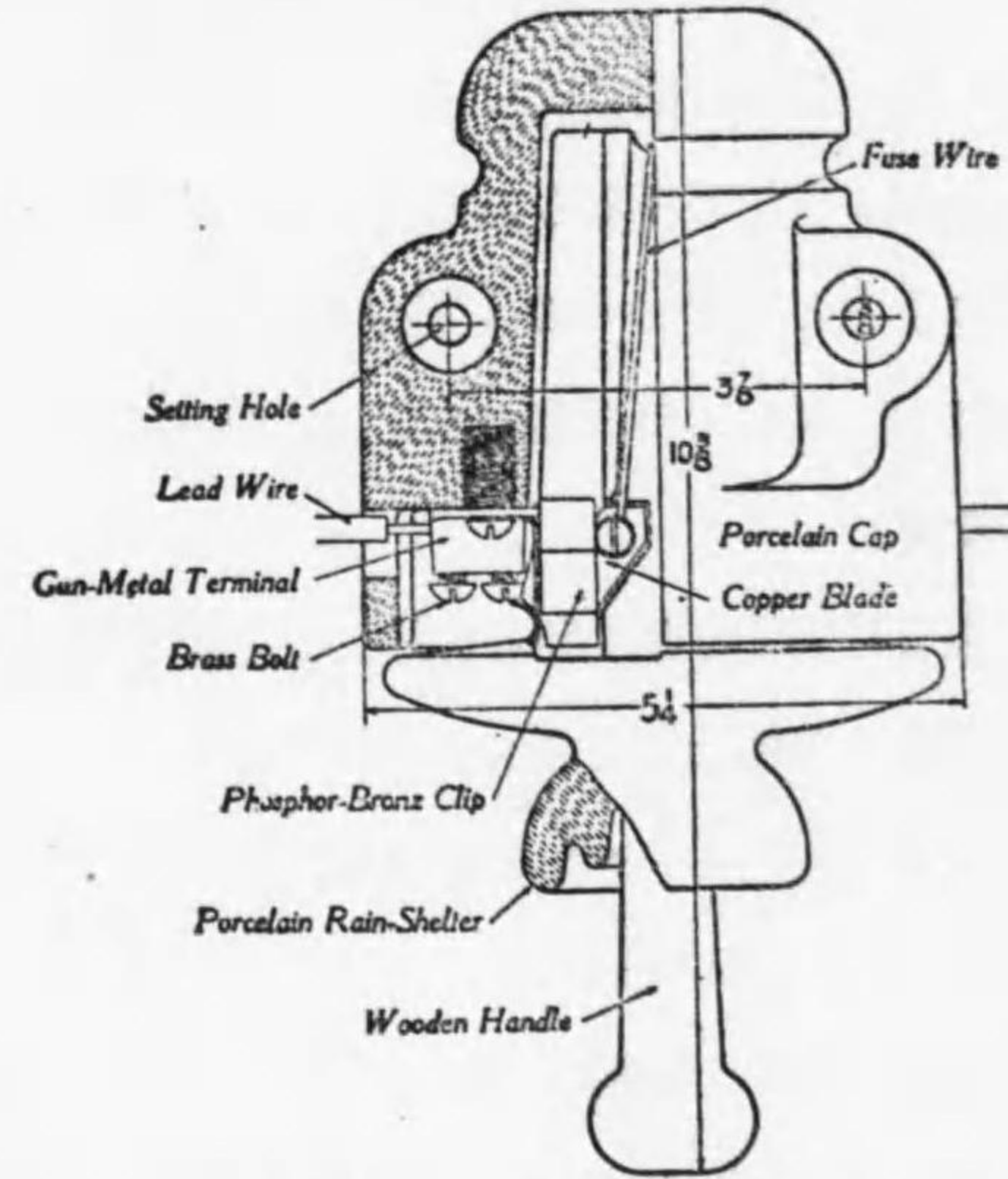
第 52 圖 expulsion fuse



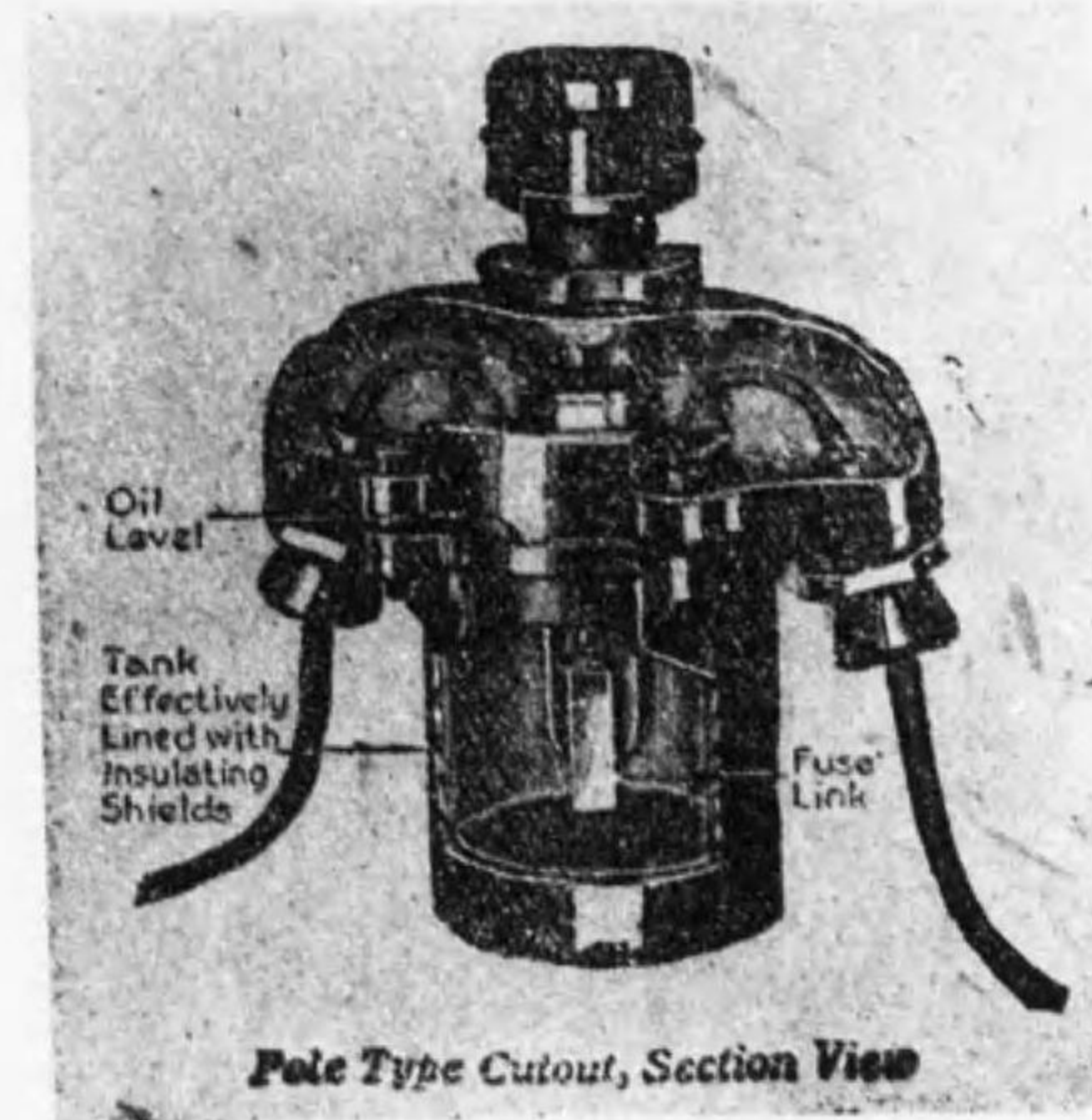
第 53 圖
シーメンス可熔片



第 54 圖 低壓用可熔片



第 55 圖 ダルメスキツチの可熔片



第 56 圖 G. E. CO. 差込型可熔片

す、其際此部屋の壓力は高まり發生せる弧光を開ける一端より吹出し消滅せしむ。第 53 圖はシーメンスの包装可熔片の一種にして熔斷せるや否やを外部より認め得るものなり。第 54 圖は低壓用可熔片第 55 圖は配電線に主として用ひらるゝ差込型開閉器に可熔線を附けたるもの、第 56 圖は G. E. CO の考案にて此差込型可熔片に油入可熔片の理を應用せるものなり。

包装可熔片と非包装可熔片との熔斷時間に對する正確さは外氣の對流に關係少き包装せるものゝ方優れり。

可熔片の使用すべからざる場所は次の如し。

- (a) 中性點の接地線
- (b) 地線の接地線
- (c) 配電線の一線接地せられ居る時接地せられ居る電線。
- (d) 直流三線式の中性線其他。

第 35 表

table of dimensions of the national electrical code standard cartridge enclosed fuse.



—form 1, cartridge fuse—ferrule contact.

—form 2, cartridge fuse—knife-blade contact.

voltage	rating number	rate, capacity, amperes	form number	A length over terminals, inches	B distance between contact clips, inches	C width of contact clips, inches	D diameter of ferrules or thickness of terminal blades, inches	E min. length of ferrules or of terminal blades outside of tube, inches	F dia. of tube, inches	G width of terminal blades, inches
not over 250	1	0-30	form 1	2	1	1/2	9/16	1/2	1/2	...
	2	31-60	form 1	3	1 3/4	5/8	13/16	5/8	3/4	...
	3	61-100	form 2	5 7/8	4	7/8	1/8	1	1	3/4
	4	101-200		7 1/8	4 1/2	1 3/4	3/16	1 3/8	1 1/2	1 1/8
	5	201-400		8 5/8	5	2 1/4	1/4	1 7/8	2	1 5/8
	6	401-600		10 3/8	6	2 1/8	1/4	2 1/4	2 1/2	2
not over 600	7	0-30	form 1	5	4	1/2	13/16	1/2	3/4	...
	8	31-60	form 1	5 1/2	4 1/4	5/8	1 1/16	5/8	1	...
	9	61-100	form 2	7 7/8	6	7/8	1/8	1	1 1/4	3/4
	10	101-200		9 5/8	7	1 1/4	3/16	1 3/8	1 3/4	1 1/8

4. 絶縁電線

配電線路に於ては人畜の接近し易き所に架設せらるゝが爲め、裸線を用ふれば危険なるのみならず故障頻出すべし。斯る場所に被覆せる電線を用ふ。被覆にはヘンプ、木綿、紙等の繊維物質にビッチ、タール、パラフィン、樹脂等を浸潤せしめしもの又は護謨を用ふ。護謨のみにては機械的強度小なる爲其上を繊維質を以て蓋ふ。我國電気工作物規程に於ては第一種絶縁電線より第四種絶縁電線に分ち其使用箇所を定む。工作物規程細則第七十六條、第七十七條、第七十八條、第七十九條、第八十條、を参照せられたし。

電燈用可撓電線も該規程の定むる所あり、細則第七十一條、第七十二條、第七十三條、第七十四條、第七十五條を参照す可し。

電纜は地中線路の項に於て述ぶ。

5. 表皮作用

一の導體に交流の通過せる場合、導體内に於ても磁束の變化を生じ其變化の爲に導體内に起電力を誘起す。導體内に生ずる起電力は内部に於て大にして周に至るに従つて減少す。其の爲に電流密度は導體の内部に於て小にして周に於て大なり。電流の位相亦内外に於て異なる。従つて同じ大きさの導體に於て有効に利用せらるゝ面積小となるを以て電流抵抗は増加す。此作用を表皮作用 (skin effect) といふ。

今ある導體の極小なる斷面積 dq を通る電流を di とし其の所の電流

密度を s_x とせば $s_x = \frac{di}{dq}$ なり。

此の導體の全斷面積を q とし全電流を i とせば

$$i = \int_0^q s_x dq$$

1 cm の長さを考へ導體の固有抵抗を ρ とせば、 dq 斷面積上の單位長のジュール損失の瞬時價は次の如し。但し γ は此の抵抗なり

$$di = S_x dq, (di)^2 \gamma = (s_x dq)^2 \gamma = s_x^2 (dq)^2 \times \rho \times \frac{1}{dq}$$

$$\text{即 } w_x = s_x^2 \rho dq$$

實効價を W_x とせば $W_x = S_x^2 \rho dq$ (S_x = 電流密度の實効價)

全體の面積に對しては $W = \rho \int_0^q S_x^2 dq$

電流密度一樣なる様なる場合に於ては $S = \frac{i}{q}$

$$\text{ジュール損失は } W_g = \rho S^2 q$$

$$\therefore \frac{W}{W_g} = \frac{1}{q} \int_0^q \frac{S_x^2 dq}{S^2} \text{ or } = \frac{\int_0^q S_x^2 dq}{\left(\int_0^q S_x dq\right)^2}$$

此の比は導體内を同一電流の流るゝ場合に於ける電流密度一樣ならざる場合と一樣なる場合のジュール損失の比なり。密度一樣なる場合の抵抗を γ とし一樣ならざる場合の抵抗を γ_{eff} とすれば

$$\frac{\gamma_{\text{eff}}}{\gamma} = \frac{1}{q} \int_0^q \frac{S_x^2 dq}{S^2} \text{ となる。}$$

此の式は特別の場合の外解くを得ず。

圓形導體の d cm の直径の場合につき近似的に求めたるもの次の如し。

(1) 銅線の場合 ($\mu=1$ $\rho=0.017 \times 10^{-4} \Omega \frac{cm}{cm^2}$)

$$\frac{\gamma_{eff}}{\gamma} = k = 1 + 0.70 \left(\frac{fd^2}{1000} \right)^2 - 0.40 \left(\frac{fd^2}{1000} \right)^4$$

(2) アルミニウム線 ($\mu=1$ $\rho=0.0285 \times 10^{-4} \Omega \frac{cm}{cm^2}$)

$$k = 1 + 0.25 \left(\frac{fd^2}{1000} \right)^2 - 0.05 \left(\frac{fd^2}{1000} \right)^4$$

(3) 細き鉄線 ($\mu=1000$ $\rho=0.10 \times 10^{-4} \Omega \frac{cm}{cm^2}$)

$$k = 1 + 2 \left(\frac{fd^2}{10} \right) - 3.33 \left(\frac{fd^2}{10} \right)^4$$

第 36 表

K for copper wires			
fd ²	K	fd ²	K
0	1.0000	1 520	1.8628
20	1.0000	1 880	2.0430
80	1.0001	2 280	2.2190
170	1.0258	2 710	2.3937
300	1.0805	4 820	3.0956
400	1.1747	7 500	3.7940
680	1.3180	17 000	5.5732
920	1.4920	30 000	7.3250
1 200	1.6778		

E. Arnold Page 567

6. 温度上昇と耐流度

電線の太さは電圧の最大降下, 電力の損失, 温度の上昇等より決定せら

るゝものなるが, 過度の温度上昇は絶縁電線に於ては絶縁物を焼損し, 裸線に於ても碍子の絶縁力を下げ附近の可燃物と接触する場合火災を起す虞れあれば, 適當の制限を與へ安全なる範囲内に止むるを要す。

電流による温度上昇は極簡單なる場合と雖も非常に複雑せるものにして周圍に發散する熱は副射により, 傳導により或は對流によりて失はるゝものなり。又之等も表面の状態, 色, 温度の差によりて異なる爲理論上より出すより實驗的數字による方安全なり。

(1) 空氣の動搖少き場所に於ける裸線の場合 I なる電流の通る時 1 種の電線の dt 秒なる極小時間に發生する熱量は

$$I^2 R dt \text{ ジュール} = 0.239 I^2 R dt \text{ グラムカロリー}$$

R は單位長の抵抗をオームにて表はす。

此の熱は一部分電線の温度を dt なる時間に $d\tau$ だけ上昇するに用ひられ残りは外部に發散するものなり。

$$\text{故に } 0.24 I^2 R dt = MK d\tau + CH \tau dt$$

M 電線一種の長さの質量

K 電線の比熱

H エミツシヅイター(放散率)

一秒間に 1 平方種の面積より $1^\circ C$ の差のある空間に

發散する熱量をグラムカロリーにて表はせるもの。

τ dt の時の電線の温度と周圍の温度の差の平均値

C 1 種の長さの電線の圍面積

然し一定電流に對して外部温度と電線の温度とが一定の差を保つ様になりし後は, 即平衡状態になりし時は右邊第一項は消滅し第二項のみとなる故

に一定電流を長時間通す時は

$$0.24 I^2 R dt = CH \tau dt \quad 0.24 I^2 \frac{\rho}{q} = \pi D H \tau$$

然るに $q = \frac{\pi D^2}{4}$

$$I^2 = \frac{\pi D H \tau \pi D^2}{0.24 \times 4 \times \rho} = \frac{\pi^2 D^3 H \tau}{0.24 \times 4 \times \rho}$$

故に温度上昇を一定とせば $I = \frac{\pi}{0.96} \sqrt{\frac{H}{\rho}} \tau D^{\frac{3}{2}}$ (A)

同一の金属の線に於て I' なる電流を通じ、猶同一の温度上昇を與ふる爲には D_1 なる太さのものを要すとせば、

$$I = K_1 D^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots K = \sqrt{\frac{\pi^2 H \tau}{4 \times 0.24 \rho}}$$

$$I' = K_1 D'^{\frac{3}{2}} \text{ ならば } \frac{I'}{I} = \frac{D'^{\frac{3}{2}}}{D^{\frac{3}{2}}}$$

$$\therefore D'^{\frac{3}{2}} = \frac{I'}{I} \times D^{\frac{3}{2}} \quad D' = D \left(\frac{I'}{I} \right)^{\frac{2}{3}} \text{ となる。}$$

$$\text{又 } I^2 = \frac{K^2 D^3}{\rho} \quad \left(K^2 = \frac{\pi^2 H \tau}{4 \times 0.24} \right)$$

a を一定とす。

一定温度上昇を與へ ρ' なる固有抵抗を有する電線を用ふる時は直径は次の如き関係を有す。

$$I^2 = \frac{K^2 D^3}{\rho} \quad D^3 = \rho \frac{I^2}{K^2}$$

I' なる電流に対しては

$$I'^2 = \frac{K^2 D'^3}{\rho'} \quad \left(\frac{I'}{I} \right)^2 = \frac{\rho'}{\rho} \left(\frac{D'}{D} \right)^3$$

$$\therefore D' = D \left(\frac{I'}{I} \right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{\rho}{\rho'} \right)^{\frac{1}{3}} \text{ となる。}$$

以上は H なる發散率を定數と考へしものなれども實際は温度によりて異なるものにして、又 ρ なる固有抵抗も温度の上昇するに従つて増加するものなるが故に正確のものにあらず。

$$\text{又 } \tau = \frac{4 \times 0.24 I^2 \rho}{\pi^2 D^3 H} = K \frac{\rho}{H} \frac{I^2}{D^3} \text{ となる。}$$

(5) 電流の一定ならざる場合

(1) の式より

$$C_1 I^2 dt = M K I \tau + C_2 H \tau dt$$

$$dt = \frac{M K}{C_1} \frac{d\tau}{I^2 - \frac{C_2 H \tau}{C_1}}$$

$$t = -A \log \left(I^2 - \frac{C_2 H \tau}{C_1} \right) + C \dots\dots\dots (a)$$

茲に於て $A = \frac{M K}{C_2 H}$; $C =$ 積分定數

C を決定する爲にスイッチを入れる迄は外氣の温度と導線とが同一温度なりしとせば

$$t = 0 \quad \text{の時に} \quad \tau = 0$$

$$\text{即 } 0 = -A \log I^2 + C \quad C = A \log I^2$$

或は $I^2 = \epsilon^{\frac{t}{A}}$

$$\therefore t = -A \log \left(I^2 - \frac{C_2}{C_1} H \tau \right) + A \log I^2$$

$$= A \left\{ \log I^2 - \log \left(I^2 - \frac{C_2}{C_1} H \tau \right) \right\}$$

$$= A \log \frac{I^2}{I^2 - \frac{C_2}{C_1} H \tau}$$

$$\frac{t}{A} = \log \frac{I^2}{I^2 - \frac{C_2}{C_1} H \tau}$$

$$\epsilon^{\frac{t}{A}} = \frac{I^2}{I^2 - \frac{C_2}{C_1} H \tau}$$

$$\frac{1}{\epsilon^{\frac{t}{A}}} = 1 - \frac{C_2}{I^2 C_1} H \tau \quad 1 - \epsilon^{-\frac{t}{A}} = \frac{C_2}{C_1 I^2} H \tau$$

$$\tau = \frac{C_1 I^2}{C_2 H} \left(1 - \epsilon^{-\frac{t}{A}} \right)$$

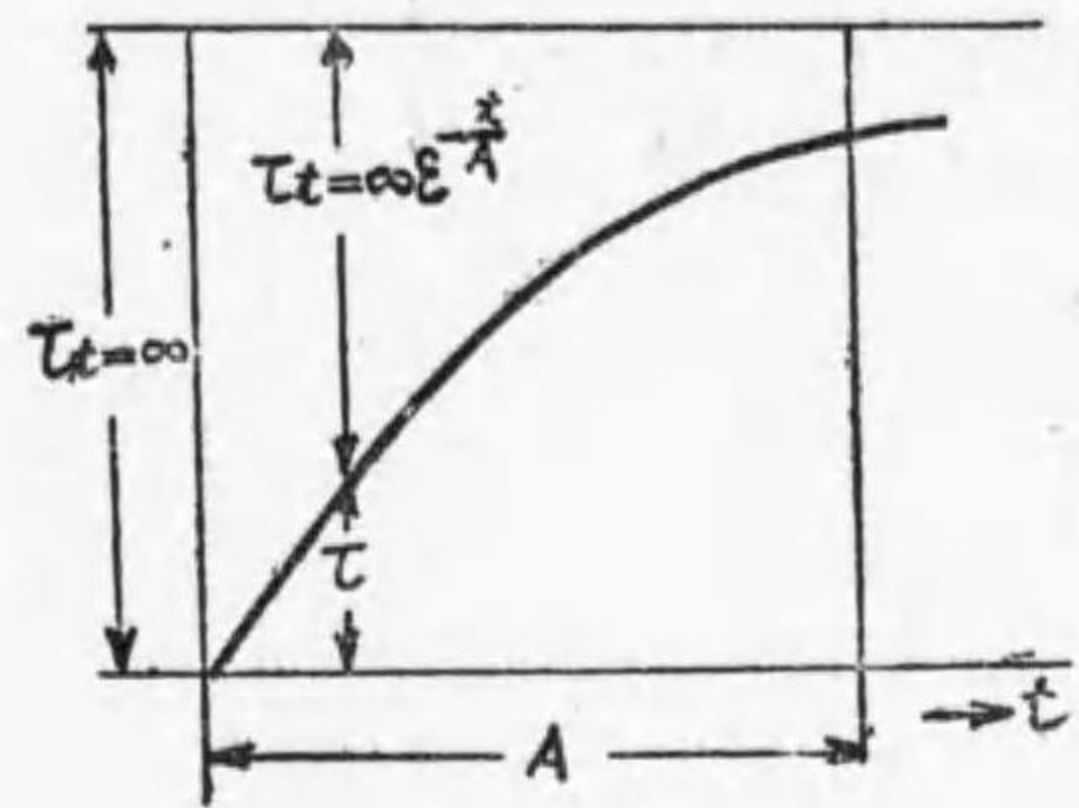
然るに $C_1 = \frac{4 \times 0.24 \rho}{\pi D^2}$ $C_2 = \pi D$ ならば之を上式に代入すれば

$$\tau = \frac{4 \times 0.24}{\pi^2} \cdot \frac{\rho}{H} \cdot \frac{I^2}{D^3} \left(1 - \epsilon^{-\frac{t}{A}} \right)$$

t が ∞ となれば $\epsilon^{-\frac{t}{A}}$ は消失す。其の時の

温度上昇を $\tau_{t=\infty}$ とせば

$$\tau_{t=\infty} = \frac{4 \times 0.24}{\pi^2} \cdot \frac{\rho}{H} \cdot \frac{I^2}{D^3} \quad \tau = \tau_{t=\infty} \left(1 - \epsilon^{-\frac{t}{A}} \right)$$



第 57 圖

A の小なる程早く安全状態となる。

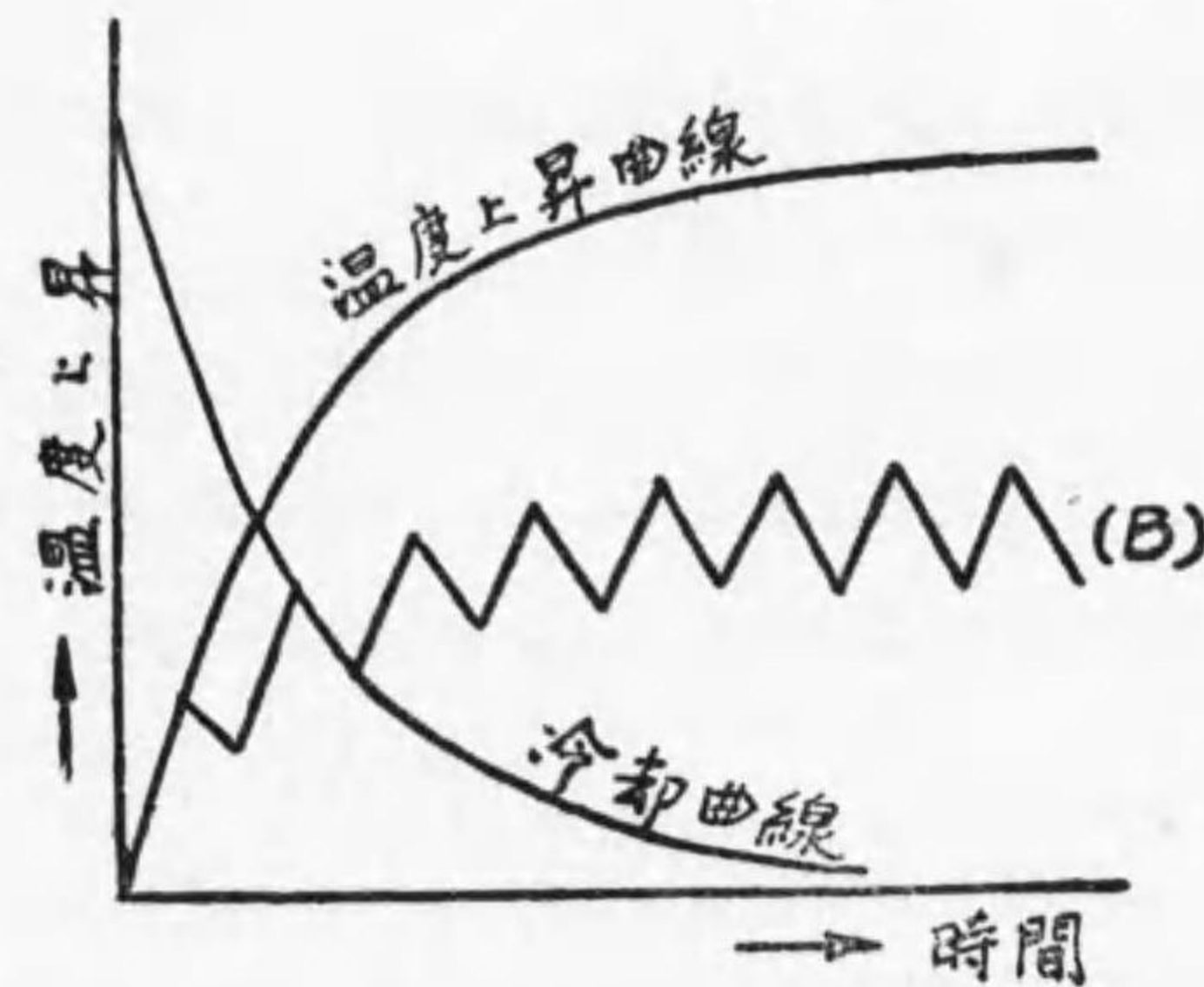
即 $A = \frac{M.K}{\pi D H}$ ならば質量及比熱

小にして、表面積及び發散率大なるもの程早く平衡状態に達す。

次に安定の状態に達せざるに先

ちて電流は遮断せられ電線の冷えき

らぬ中に又電流の通るが如き場合は第 58 圖の (B) 線を書く。



第 58 圖

冷却曲線は次の式に於て

$$t = -A \log \left(I^2 - \frac{C_2}{C_1} H \tau \right) + C \dots \dots \dots (b)$$

$t = 0$ なる時 $I = 0$ $\tau = \tau_1$ とすれば。

$$C = A \log \left(-\frac{C_2 H \tau_1}{C_1} \right) \quad \varepsilon^{-\frac{t}{\lambda}} = -\frac{C_2 H \tau_1}{C_1}$$

$$\begin{aligned} \therefore t &= -A \left\{ \log \left(-\frac{C_2 H \tau}{C_1} \right) - \log \left(-\frac{C_2 H \tau_1}{C_1} \right) \right\} \\ &= -A \left\{ \log \frac{-\frac{C_2 H \tau}{C_1}}{-\frac{C_2 H \tau_1}{C_1}} \right\} \end{aligned}$$

$$\varepsilon^{-\frac{t}{\lambda}} = \frac{-\frac{C_2 H \tau}{C_1}}{-\frac{C_2 H \tau_1}{C_1}} = \frac{\tau}{\tau_1}$$

即ち $\tau = \tau_1 \varepsilon^{-\frac{t}{\lambda}}$ となる。

絶縁電線の温度上昇 絶縁電線に於ては絶縁物の外周に於ける温度より内部にある金属導体の温度は遙に高し。

発生する熱量は前に述べし ジュール の法則によるものなるが、此の熱量は一部は導体及び絶縁物の温度上昇に費され残部は絶縁物の周囲より發散す。然し平衡状態に達せる後は次に示せる三者に相等し。

(a) 發生熱量 (Watt) $W_a = \frac{4 \times 0.24}{\pi} \frac{I^2}{D_c} \rho$

(b) 絶縁物を通過して行く熱量 (Watt) $W_b = \frac{2\pi}{5 \log \frac{D_i}{D_o}} (\tau_{c.a.})^*$

(c) 絶縁物の表面より發散する熱量 (watt) $W_c = \pi D_i H_i (\tau_{a.u.})$

即ち $W_a = W_b = W_c = W$

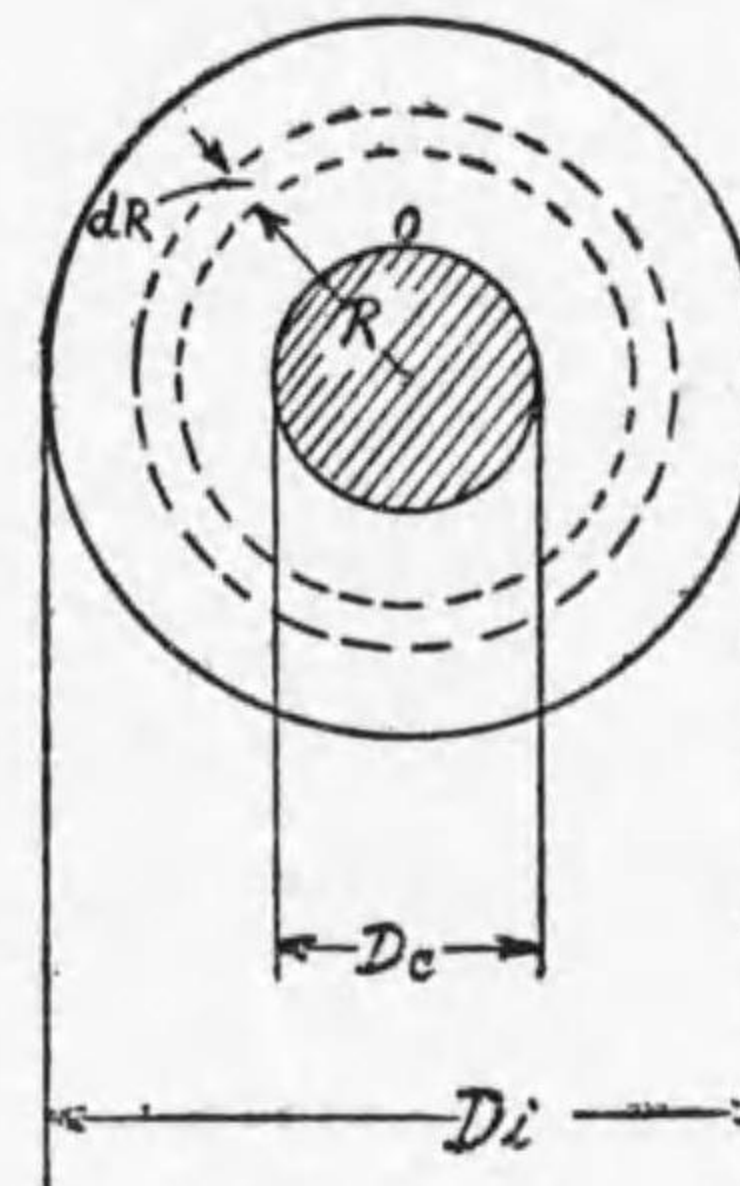
$\tau_{c.a.}$ 導体表面と絶縁物の外面に於ける温度の差

$\tau_{a.u.}$ 絶縁物外面と其の外周の温度の差

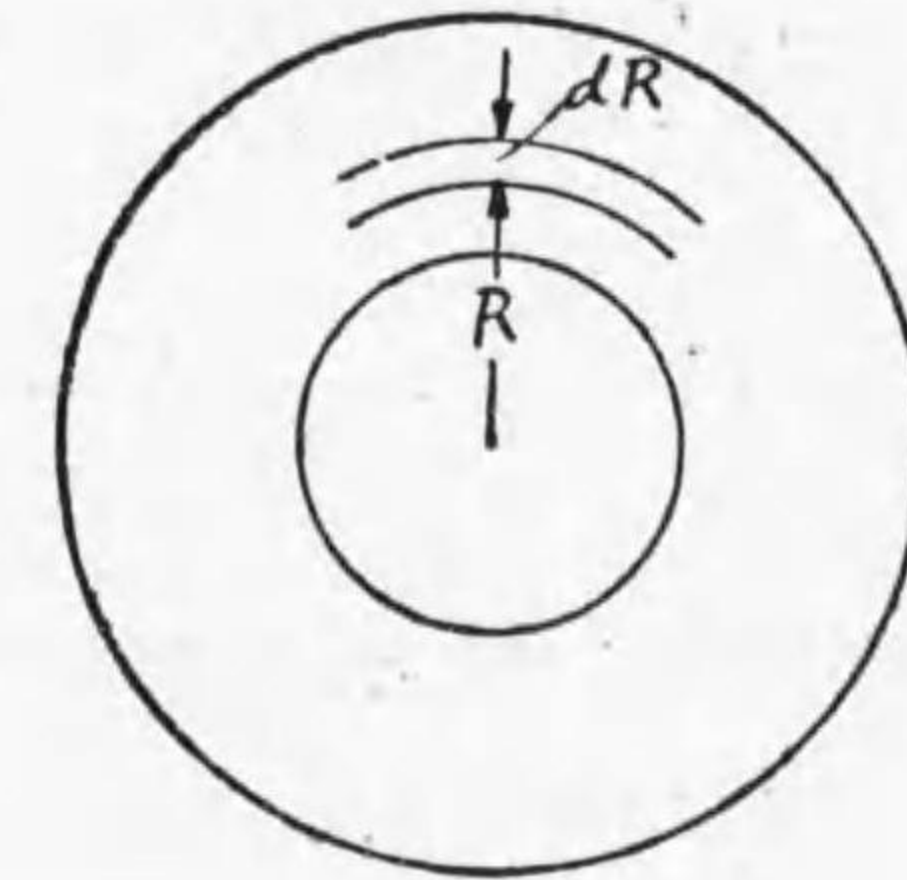
D_c 導体の直径

D_i 絶縁物の直径

H_i 絶縁物の外部に於ける放散率



第 59 圖



第 60 圖

(註)

*熱の傳導に對してはオームの法則に類似の法則を適用するを得。

即 兩面の温度の差を τ とし、熱の傳導に對する抵抗を S とせば單位時間に傳はる熱量は $W = \frac{\tau}{S}$ である。

圓筒形のものに於て S を求むれば

$$dS = \frac{\sigma dR}{2\pi R} \text{ 但し } \sigma \text{ は其の物質熱傳導に對する固有抵抗 } 1^\circ C \text{ の差に於て } 1$$

秒に 1 cm^2 の厚さを通して傳はる熱量をワットにて表したるものゝ逆數。

第 37 表

σ の 値

銅	0.26~0.29	濡れる柔かき砂地	70-100
鐵	1.5	紙	780
鉛	3.0	パラフィン	960
コルク	30.0	ケーブル	550-650
柔らかき砂地	40-60	空氣 (20°C)	4000

$$S = \left[\frac{\sigma}{2\pi} \log R \right] \frac{\frac{D_1}{2}}{D_c} = \frac{\sigma}{2\pi} \log \frac{D_1}{D_c}$$

故に $W_b = \frac{2\pi}{\sigma} \cdot \frac{\tau_{c,a}}{\log \frac{D_1}{D_c}}$

内部導線の温度と外氣との温度の差は $\tau_{c,a} + \tau_{a,u} = \tau_{c,u}$

なれば (b) 及び (c) より求むる事を得。

$$\begin{aligned} \tau_{c,u} = \tau_{c,a} + \tau_{a,u} &= \frac{W}{2\pi} \sigma \log \frac{D_1}{D_c} + \frac{W}{\pi \cdot D_1 \cdot H_1} \\ &= \frac{W}{2\pi} \left\{ \sigma \log \frac{D_1}{D_c} + \frac{2}{D_1 H_1} \right\} \text{ となる。} \end{aligned}$$

W の代りに (a) の式を代入すれば

$$\tau_{c,u} = \frac{4 \times 0.24}{\pi} \cdot \frac{I^2}{D_c^2} \cdot \rho \frac{1}{2\pi} \left\{ \sigma \log \frac{D_1}{D_c} + \frac{2}{D_1 H_1} \right\}$$

$$I^2 = \tau_{c,u} \times \frac{2\pi^2 \cdot D_c^2}{4 \times 0.24 \cdot \rho r} \left\{ \frac{1}{\sigma \log \frac{D_1}{D_c} + \frac{2}{D_1 H_1}} \right\}$$

$$= \tau_{c,u} \times \frac{2\pi^2 \cdot D_c^2}{4 \times 0.24 \cdot \rho r} \left\{ \frac{D_1 \cdot H_1}{2 + \sigma H_1 D_1 \log \frac{D_1}{D_c}} \right\}$$

$$I = \frac{\pi}{0.96} \sqrt{\frac{H_c}{\rho r} \tau_{c,u} D_c^3} \cdot \sqrt{\frac{\frac{H_1}{H_c} \cdot \frac{D_1}{D_c}}{1 + \frac{1}{2} \sigma H_1 D_1 \log \frac{D_1}{D_c}}}$$

ρr 銅線と外氣との温度の差 $\tau_{c,u}$ の時の電氣的固有抵抗

H_c 導線表面よりの放散率

(a) の式を見れば

$$I = \frac{\pi}{0.96} \sqrt{\frac{H}{\rho} \tau D^3} \text{ ならば}$$

心線の直径及び外氣に対する温度上昇を一定のものとし、被覆せる場合と裸線の場合の電流との関係は裸線の場合の電流を I_b とせば、被覆電線の電流 I と I_b との比は

$$\frac{I}{I_b} = \sqrt{\frac{\frac{H_1}{H_c} \cdot \frac{D_1}{D_c}}{1 + \frac{1}{2} \sigma H_1 D_1 \log \frac{D_1}{D_c}}}$$

右邊が 1 より大なる時は被覆せる電線の方が大なる電流を通し得るなり。

即ち $\frac{H_1}{H_c} \cdot \frac{D_1}{D_c} \geq 1 + \frac{1}{2} \sigma H_1 D_1 \log \frac{D_1}{D_c}$

なるに従て $I \geq I_b$ となる。

$$\text{即ち } D_1 \begin{matrix} > \\ < \end{matrix} D_c \left(\frac{H_c}{H_1} + \frac{1}{2} \sigma H_c D_1 \log \frac{D_1}{D_c} \right)$$

此の式より見れば σ の小なる程、即ち熱の傳導率の大なる程、又絶縁物表面の熱の放散率の大なる程絶縁線に通し得可き電流は大となる。

絶縁物の厚み大となれば左邊 D_1 は大となれど右邊に於て割に多く増大す。故に厚みの薄き場合に於て絶縁線の方が裸線より温度の低き場合が起り得る機會ある可し。

Teichmüller and Humann 兩氏が實驗の結果

裸銅線 E. T. Z. (1907), S. 475

$$I^2 = \tau(3.1d^2 + 1.2d^3)$$

ゴム絶縁物

$$I^2 = \tau(7.85d^2 + 1.47d^3)$$

なる式を與ふ、同一温度上昇に對しては裸銅線より大なる電流を通し得る事を知る可し。

地中線の場合 地中線の場合は發生せる熱は一部分先づ電線及び絶縁物を熱し、一部分は土砂に傳り周圍の土砂を熱し、殘部は地表に出で空氣中に發散す。

各部分に於ては一樣に熱は發散するものとし、

$$W = \frac{\tau}{S} \text{ の法則に従ふものとする。}$$

S は D_1 及び D_2 なる直径の間に於て σ なる固有抵抗を有する物質なる時は

$$S = \frac{1}{2\pi} \sigma \log \frac{D_1}{D}$$

となり地表の温度と心線の温度の差 τ なる時に出づる熱量は

$$W = \frac{\tau}{S_1 + S_2 + \dots} \text{ として計算し得。}$$

然し地表は同温の平面と見て差支なければ静電容量の場合に用ふる映像の理を用ひ次の如く解くを得べし。

先づケーブルの中に於ける熱抵抗を S_k とし大地の夫を S_0 とす。

$$S_k = \frac{\sigma_k}{2\pi} \log \frac{D_1}{D_c}$$

$$S_0 = \frac{\sigma_0}{2\pi} \log \left(\frac{l}{R_1} + \sqrt{\left(\frac{l}{R_1}\right)^2 - 1} \right)$$

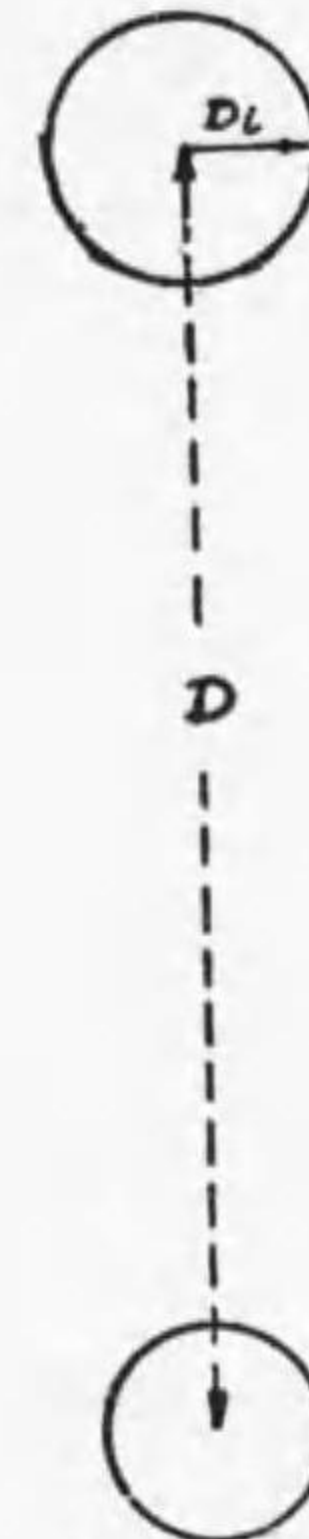
二線間の容量 C は $\left(\frac{D}{D_1} = \sigma\right)$

$$C = \frac{1}{4 \log(\sigma + \sqrt{\sigma^2 - 1})} \text{ を以て表はさる。}$$

フアラデー管を熱線と相當せしむれば此の式を得べし。

l 地表下の深さ

R_1 絶縁物の外半径



第61圖

然るに $\left(\frac{l}{R_1}\right)^2$ は 1 に比して普通非常に大であるが故に

$$S_0 = \frac{\sigma_0}{2\pi} \log \frac{2l}{R_1}$$

故に安定状態に於て地中を過ぎ空中に出る熱量は

$$W = \frac{\tau}{S_k + S_0} = \frac{2\pi\tau}{\sigma_k \log \frac{D_1}{D_c} + \sigma_0 \log \frac{4l}{D_1}}$$

然るに $W = \frac{I^2 \rho}{q}$

$$I = \sqrt{\frac{1}{\rho(S_k + S_o)}} = C\sqrt{q\tau}$$

C は定数にして, q を mm² にて表はせば 1meter の長さに就ては

$$C^2 = \frac{2\pi \times 10^{-2}}{2.3026 \times 10^{-4}} \cdot \frac{1}{\sigma_o \rho} \cdot \frac{1}{\frac{\sigma_k}{\sigma_o} \log_{10} \frac{D_i}{D_o} + \log_{10} \frac{4l}{D_i}}$$

然るに $\sigma_o = 50$ $\sigma_k = 550$ ならば

$$\frac{\sigma_k}{\sigma_o} = 11. \quad \rho = 0.02 \text{ ohm/m. \& mm}^2$$

$$l = 70 \text{ cm.}$$

與へし表を作れば次の如し。

第 38 表

Herzoy and Eeldmann
E. T. Z. (1900), S 787.

斷面積 q. mm ²	S _k	S _o	S _k +S _o	C
16	50.6	44.5	96.1	7.2
70	26.8	41.7	68.5	8.55
120	21.7	40.0	61.7	9.0
500	15.2	34.9	50.1	10.0
1000	11.09	32.0	44.4	10.5

又 E.T.Z. 誌に鉛裝電纜の深さ 30 cm に布設せるものにつき實驗の結果 C=6.8~8.7 にして平均 C=7.5 なる報告あり。

絶縁電線安全電流表 本邦に於ては電氣工作物規程によりて定めらる。

(卷尾 細則第十八條参照)

獨逸工師會規約に於ては室内最高溫度 30°C とし溫度上昇 20°C ととり
即ち導體の溫度を 50°C としして次の表を與へて居る。

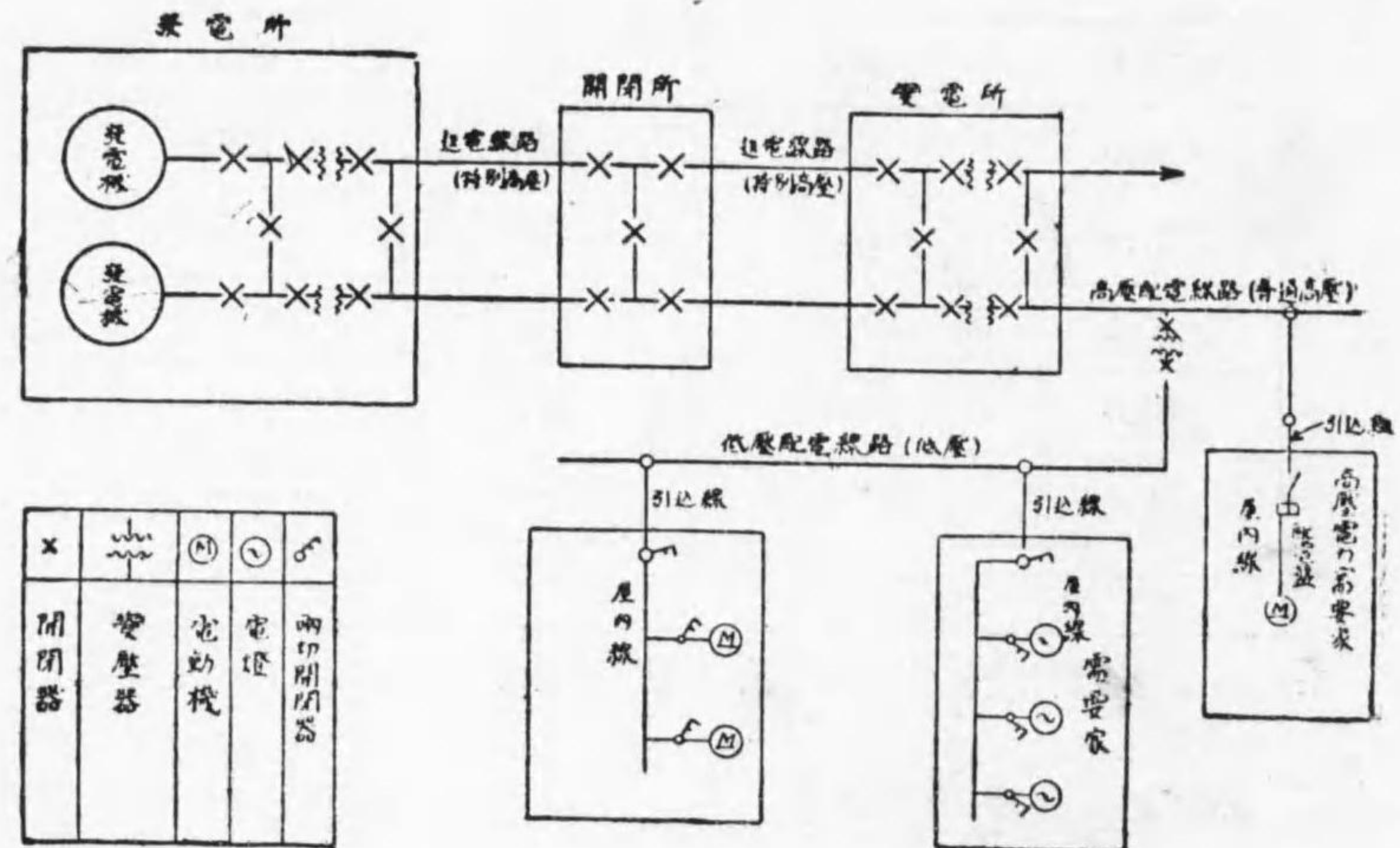
第 39 表 ゴム線安全電流

q mm ²	max. current in sup.	q mm ²	max. current in sup.
0.5	7.5	95	240
0.75	9.0	120	280
1.0	11.0	150	325
1.5	14.0	185	384
2.5	20.0	240	450
4.0	25.0	310	540
6.0	31.0	400	640
10.0	43.0	500	760
16.0	75.0	625	880
25.0	100.0	800	1050
35.0	125.0	1000	1250
50.0	160.0	—	—
70.0	200.0	—	—

1.0 mm² 迄は往復線共同一管内に收む。之より大なるものに於ては管なし。

第三章 直流配電線路

1. 概論 配電線路とは、發電所或は變電所等より他の發電所變電所等を通せず需要家に至る電線路にして、需要家の引込線を除けるものを云ふ。交流の場合に於ては、發電所は多く遠隔の地にあれば、高壓送電の必要に迫られ配電線路は、變電所より先き引込線に至る間なり。直流に於ては特別の高壓送電の場合を除き、發電所或は蓄電所より配電す。配電線路の性質上電壓は高からず。高壓配電線(配電幹線)又は大なる電動機の負荷の場合には 2 200 V—3 300 V, 低壓配電線即ち小なる動力又は電燈負荷の場合には 220 V—110 V, 電燈能率を善くする爲、特に電壓を



第 64 圖 配電系統

f doors.

of 40°C (based upon amperes in column marked for 40°C rise)
still air out of doors

typ	11 000 volts	13 200 volts	15 000 volts	20 000 volts	22 000 volts	30 000 volts	33 000 volts	50 000 volts	60 000 volts
	kVA	kVA	kVA	kVA	kVA	kVA	kVA	kVA	kVA
stranded	77 000	92 200							
	71 500	85 500	97 500						
	68 500	82 000	93 500						
	65 500	78 500	89 200						
	63 000	75 300	85 500						
	59 000	70 600	80 500						
	52 500	63 000	71 600	95 400					
	49 000	58 700	67 000	89 200	98 000				
	46 000	55 200	63 000	83 600	92 000				
	44 200	53 000	60 200	80 000	88 400				
	42 200	50 500	57 500	77 800	84 400				
	40 500	48 600	55 200	73 600	81 000				
	38 600	46 300	52 600	70 200	77 200				
	36 900	44 200	50 500	67 200	73 800				
	34 800	41 600	47 500	63 200	69 600	95 000			
	33 000	39 700	46 000	60 200	66 000	90 000	99 000		
	31 200	37 400	42 500	56 800	62 400	85 000	93 500		
	29 000	34 900	39 700	52 800	58 000	79 400	87 000		
	27 200	32 600	37 200	49 600	54 400	74 400	81 500		
	25 000	30 100	34 200	45 600	50 000	68 400	75 000		
23 000	27 600	31 400	42 000	46 000	62 800	69 000			
20 800	24 800	28 300	37 800	41 600	56 600	62 000	94 000		
18 400	22 100	25 200	33 600	36 800	50 400	55 200	83 500		
16 000	19 100	21 800	29 000	32 000	43 600	47 800	72 500		
14 300	17 100	19 500	26 000	28 600	39 000	42 700	65 000	78 000	
11 900	14 200	16 200	21 600	23 800	32 400	35 600	54 000	64 800	
10 000	12 000	13 700	18 200	20 000	27 400	30 000	45 500	54 800	
8 450	10 100	11 500	15 400	16 900	23 000	25 400	38 500	46 000	
7 050	8 420	9 600	12 800	14 100	19 200	21 100	32 000	38 400	
5 850	7 000	7 950	10 600	11 700	15 900	17 500	26 500	31 800	
4 900	5 880	6 700	8 920	9 800	13 400	14 700	22 400	26 800	
4 420	5 300	6 000	8 000	8 840	12 000	13 200	20 000	24 000	
3 470	4 150	4 700	6 300	6 940	9 400	10 400	15 800	18 800	
13 800	16 600	18 900	25 200	27 600	37 800	41 500	63 000	75 600	
11 200	13 400	15 300	20 400	22 400	30 600	33 500	50 800	61 200	
9 400	11 300	12 900	17 100	18 800	25 800	28 200	42 600	51 600	
7 900	9 450	10 800	14 360	15 800	21 600	23 600	36 000	43 200	
6 620	7 950	9 050	12 040	13 600	18 100	19 800	30 000	36 400	
5 600	6 750	7 650	10 200	11 200	15 300	16 800	25 500	30 600	
4 660	5 600	6 350	8 500	9 320	12 700	14 000	21 200	25 400	
3 940	4 700	5 370	7 160	7 880	10 740	11 800	17 800	21 480	
3 320	3 970	4 500	6 040	6 640	9 000	9 900	15 000	18 000	

第 4 0 表

Heating capacity for 40° C rise of bare copper conductors suspended out of doors.

conductors				amperes—bare conductors in still air for temperature rises stated			approximate carrying capacity in kVA 3 phase corresponding to a temperature rise of 40° C (based upon amperes in column marked for 40° C rise) for bare copper conductors suspended still air out of doors																				
type	B & S No.	area in circular mils	diameter in inches	for 10° C rise	for 25° C rise	for 40° C rise	220 volts	440 volts	550 volts	1 100 volts	2 200 volts	4 000 volts	4 400 volts	6 000 volts	6 600 volts	6 900 volts	10 000 volts	11 000 volts	13 200 volts	15 000 volts	20 000 volts	22 000 volts	30 000 volts	33 000 volts	50 000 volts	60 000 volts	
				kVA	kVA	kVA	kVA	kVA	kVA	kVA	kVA	kVA	kVA	kVA	kVA	kVA	kVA	kVA	kVA	kVA	kVA	kVA	kVA	kVA	kVA	kVA	kVA
stranded		2 000 000	1.631	2 140	3 280	4 050	1 540	3 080	3 850	7 700	15 400	27 900	30 800	42 000	46 200	48 300	70 000	77 000	92 200								
		1 800 000	1.518	1 980	3 020	3 760	1 430	2 860	3 580	7 150	14 300	26 000	28 600	39 100	42 800	44 800	65 000	71 500	85 500	97 500							
		1 700 000	1.504	1 890	2 920	3 600	1 370	2 740	3 420	6 850	13 700	24 800	27 400	37 400	40 000	43 000	62 300	68 500	82 000	93 500							
		1 600 000	1.459	1 810	2 780	3 440	1 310	2 620	3 270	6 550	13 100	23 800	26 200	35 800	39 200	41 000	59 500	65 500	78 500	89 200							
		1 500 000	1.412	1 720	2 640	3 300	1 250	2 500	3 140	6 280	12 560	22 800	25 120	34 300	37 600	39 200	57 000	63 000	75 300	85 500							
		1 400 000	1.361	1 635	2 520	3 100	1 180	2 360	2 950	5 900	11 800	21 400	23 600	32 200	35 400	37 000	53 600	59 000	70 600	80 500							
		1 200 000	1.263	1 460	2 230	2 760	1 050	2 100	2 620	5 250	10 500	19 100	21 000	28 700	31 500	33 000	47 700	52 500	63 000	71 600	95 400						
		1 100 000	1.209	1 360	2 100	2 580	980	1 960	2 460	4 920	9 840	17 800	19 680	26 800	29 400	30 800	44 600	49 000	58 700	67 000	89 200	98 000					
		1 000 000	1.152	1 270	1 950	2 420	920	1 840	2 300	4 600	9 200	16 700	18 400	25 100	27 600	28 800	41 800	46 000	55 200	63 000	83 600	92 000					
		950 000	1.123	1 215	1 870	2 320	880	1 760	2 200	4 400	8 800	16 000	17 600	24 100	26 400	27 700	40 000	44 200	53 000	60 200	80 000	88 400					
		900 000	1.093	1 175	1 800	2 220	840	1 680	2 110	4 220	8 440	15 300	16 880	23 000	25 300	26 500	38 400	42 200	50 500	57 500	77 800	84 400					
		850 000	1.062	1 120	1 720	2 130	810	1 620	2 030	4 050	8 100	14 700	16 200	22 100	24 300	25 400	36 800	40 500	48 600	55 200	73 600	81 000					
		800 000	1.031	1 075	1 640	2 030	770	1 540	1 930	3 870	7 740	14 000	15 480	21 100	23 200	24 200	35 100	38 600	46 300	52 600	70 200	77 200					
		750 000	.998	1 025	1 580	1 940	740	1 480	1 840	3 690	7 380	13 400	14 760	20 200	22 100	23 200	33 600	36 900	44 200	50 500	67 200	73 800					
		700 000	.964	980	1 490	1 820	695	1 390	1 740	3 480	6 960	12 600	13 920	19 000	20 900	21 800	31 600	34 800	41 600	47 500	63 200	69 600	95 000				
		650 000	.929	920	1 410	1 740	660	1 320	1 660	3 320	6 640	12 000	13 280	18 100	19 800	20 800	30 100	33 000	39 700	46 000	60 200	66 000	90 000	99 000			
		600 000	.893	870	1 330	1 630	625	1 250	1 560	3 120	6 240	11 300	12 480	17 000	18 700	19 600	28 400	31 200	37 400	42 500	56 800	62 400	85 000	93 500			
		550 000	.855	810	1 250	1 530	580	1 160	1 450	2 900	5 800	10 600	11 600	15 900	17 500	18 300	26 400	29 000	34 900	39 700	52 800	58 000	79 400	87 000			
		500 000	.815	755	1 160	1 430	545	1 090	1 360	2 720	5 440	9 860	10 880	14 800	16 300	17 100	24 800	27 200	32 600	37 200	49 600	54 400	74 400	81 500			
		450 000	.772	700	1 060	1 320	500	1 000	1 250	2 500	5 000	9 100	10 000	13 700	15 100	15 700	22 800	25 000	30 100	34 200	45 600	50 000	68 400	75 000			
		400 000	.728	640	980	1 210	460	920	1 150	2 300	4 600	8 350	9 200	12 600	13 800	14 400	21 000	23 000	27 600	31 400	42 000	46 000	62 800	69 000			
		350 000	.681	575	885	1 090	415	830	1 040	2 080	4 160	7 500	8 320	11 300	12 400	13 000	18 900	20 800	24 800	28 300	37 800	41 600	56 600	62 000	84 000	94 000	
		300 000	.630	515	785	970	370	740	920	1 840	3 680	6 700	7 360	10 100	11 100	11 600	16 800	18 400	22 100	25 200	33 600	36 800	50 400	55 200	75 500	83 500	
		250 000	.575	450	685	840	320	640	800	1 600	3 200	5 800	6 400	8 700	9 550	10 000	14 500	16 000	19 100	21 800	29 000	32 000	43 600	47 800	66 000	72 500	
	0000	211 600	.528	385	605	750	285	570	715	1 430	2 860	5 170	5 720	7 800	8 550	8 950	13 000	14 300	17 100	19 500	26 000	28 600	39 000	42 700	65 000	78 000	
	000	167 772	.470	330	508	625	238	475	595	1 190	2 380	4 320	4 760	6 500	7 130	7 450	10 800	11 900	14 200	16 200	21 600	23 800	32 400	35 600	54 000	64 800	
	00	133 079	.418	280	425	507	200	400	500	1 000	2 000	3 640	4 000	5 470	6 000	6 280	9 100	10 000	12 000	13 700	18 200	20 000	27 400	30 000	45 500	54 800	
	0	105 560	.373	235	360	444	170	336	423	846	1 692	3 060	3 384	4 600	5 050	5 300	7 700	8 450	10 100	11 500	15 400	16 900	23 000	25 400	38 500	46 000	
	1	83 694	.332	195	300	370	141	282	352	704	1 408	2 550	2 816	3 840	4 220	4 400	6 400	7 050	8 420	9 600	12 800	14 100	19 200	21 100	32 000	38 400	
	2	66 358	.292	162	250	307	116	233	292	584	1 168	2 120	2 336	3 180	3 500	3 660	5 300	5 850	7 000	7 950	10 600	11 700	15 900	17 500	26 500	31 800	
	3	52 624	.260	136	210	258	98	196	245	490	980	1 770	1 960	2 680	2 940	3 800	4 460	4 900	5 880	6 700	8 920	9 800	13 400	14 700	22 400	26 800	
	4	41 738	.232	114	176	235	89	178	224	448	896	1 620	1 792	2 440	2 680	3 800	4 000	4 420	5 300	6 000	8 000	8 840	12 000	13 200	20 000	24 000	
	5	33 088	.206	96	147	182	69	138	173	346	692	1 260	1 384	1 890	2 080	2 180	3 150	3 470	4 150	4 700	6 300	6 940	9 400	10 400	15 800	18 800	
solid	0000	211 600	.460	370	565	728	275	550	690	1 380	2 760	5 030	5 520	7 550	8 300	8 700	12 600	13 800	16 600	18 900	25 200	27 600	37 800	41 500	63 000	75 600	
	000	167 772	.410	310	475	588	224	448	560	1 120	2 240	4 060	4 480	6 100	6 700	7 000	10 200	11 200	13 400	15 300	20 400	22 400	30 600	33 500	50 800	61 200	
	00	133 079	.365	258	420	495	182	376	470	940	1 880	3 420	3 760	5 150	5 650	5 970	8 550	9 400	11 300	12 900	17 100	18 800	25 800	28 200	42 600	51 600	
	0	105 560	.325	218	335	415	158	316	395	790	1 580	2 860	3 160	4 300	4 730	4 950	7 180	7 900	9 450	10 800	14 360	15 800	21 600	23 600	36 000	43 200	
	1	83 694	.289	182	280	348	132	264	330	660	1 320	2 400	2 640	3 620	3 970	4 150	6 020	6 620	7 950	9 050	12 040	13 600	18 100	19 800	30 000	36 400	
	2	66 358	.258	154	235	295	112	224	280	560	1 120	2 040	2 240	3 060	3 370	3 520	5 100	5 600	6 750	7 650	10 200	11 200	15 300	16 800	25 500	30 600	
	3	52 624	.229	128	200	245	93	186	233	465	930	1 690	1 860	2 540	2 790	2 920	4 250	4 660	5 600	6 350	8 500	9 320	12 700	14 000	21 200	25 400	
	4	41 738	.204	108	167	207	78	158	197	394	788	1 430	1 576	2 150	2 360	2 470	3 580	3 940	4 700	5 370	7 160	7 880	10 740	11 800	17 800	21 480	
	5	33 0																									

下した場合には、50 V にするものあり。近年經濟上、配電幹線の電壓は漸次高まり、6 000 V 以上 10 000 V 位迄も用ふるに至れり。以上の關係を明らかとする爲に第 62 圖を説明すべし。

發電所より出でし、特別高壓電線路は開閉所を経て大都市の郊外にある變電所に至り、普通高壓線路となりて出で大なる電動機の負荷の場合は、直に引込線に接続し、然らざる場合は更に變壓塔又は柱上變壓器によりて低壓に落され、之れより引込線に至る。引込線より屋内線に連なる。

送電線路及び配電線路の電壓の降下は、經濟上より又負荷の性質により一定の限度あり。送電線路に於ては 10% 内外の降下を經濟的とし、配電線路及引込線に於ては次の如し。

第 41 表

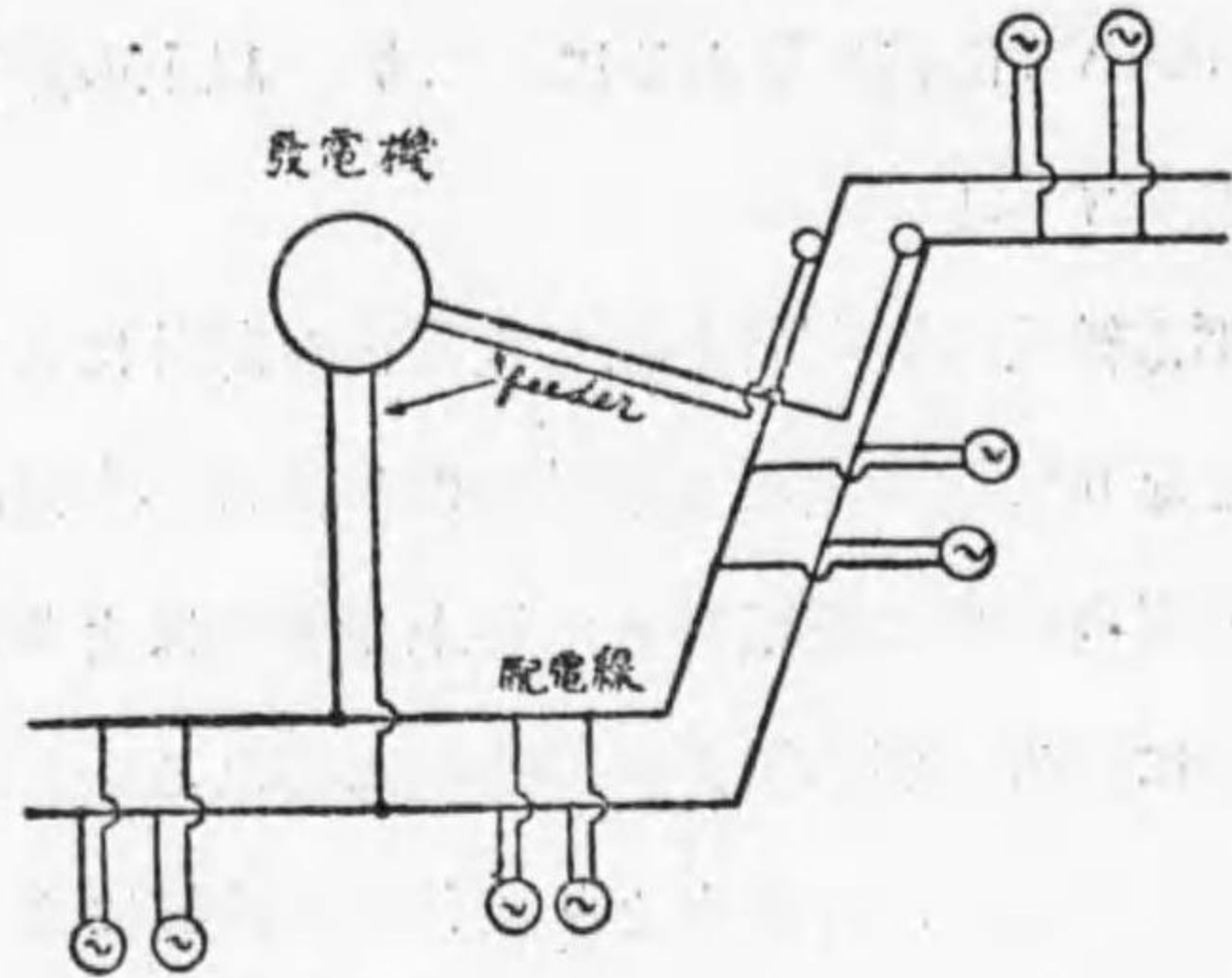
	負 荷	
	電 動 機	電 燈
高 壓 配 電 線	10.0 %	—
低 壓 配 電 線	5.0 %	2.0 %
引 込 線	0.5 %	0.5 %
屋 内 線	0.5 %	0.5 %

以上の名稱の外饋電線 (feeder) 饋電點 (feeding point) なるものあり。feeder とは電力消費地域の負荷中心に、變電所又は發電所より直接電力を供給する様にして、途中には分岐點なきものを云ふ。

feeding point とは即ち此供給點にして、此點より多くの配電幹線又は配電線の出づるものなり。

饋電線の電壓降下は 10—20% 以内とす。

直流の場合



多くの市街地を通る配電線は交叉する點に於て互に接続せられ網状をなすものあり。之を線路網 (network) と云ふ。

之等線路の設計建設に當り考慮すべき主なる事項は次の如し。

- (1) 線路の電壓降下の程度。
- (2) 電線の發熱の程度。
- (3) 經濟上の條件。
- (4) 機械的強度。

配電線路の最大電壓降下は、負荷の性質によりて定まるものにして、夫れ以下の電壓降下がより經濟的な場合には問題とならず。

電線の發熱の程度は裸線被

覆線等にて異なるものなれども、安全電流の條に述べし如く、絶縁線に於ては60°Cの限度を超ゆべからず。裸線の場合被覆の損する恐れなければ、より以上の溫度上昇を許し得るものなり。然し多くは電壓降下の制限及經濟上の諸條件、或は機械強度によりて制限せらる。

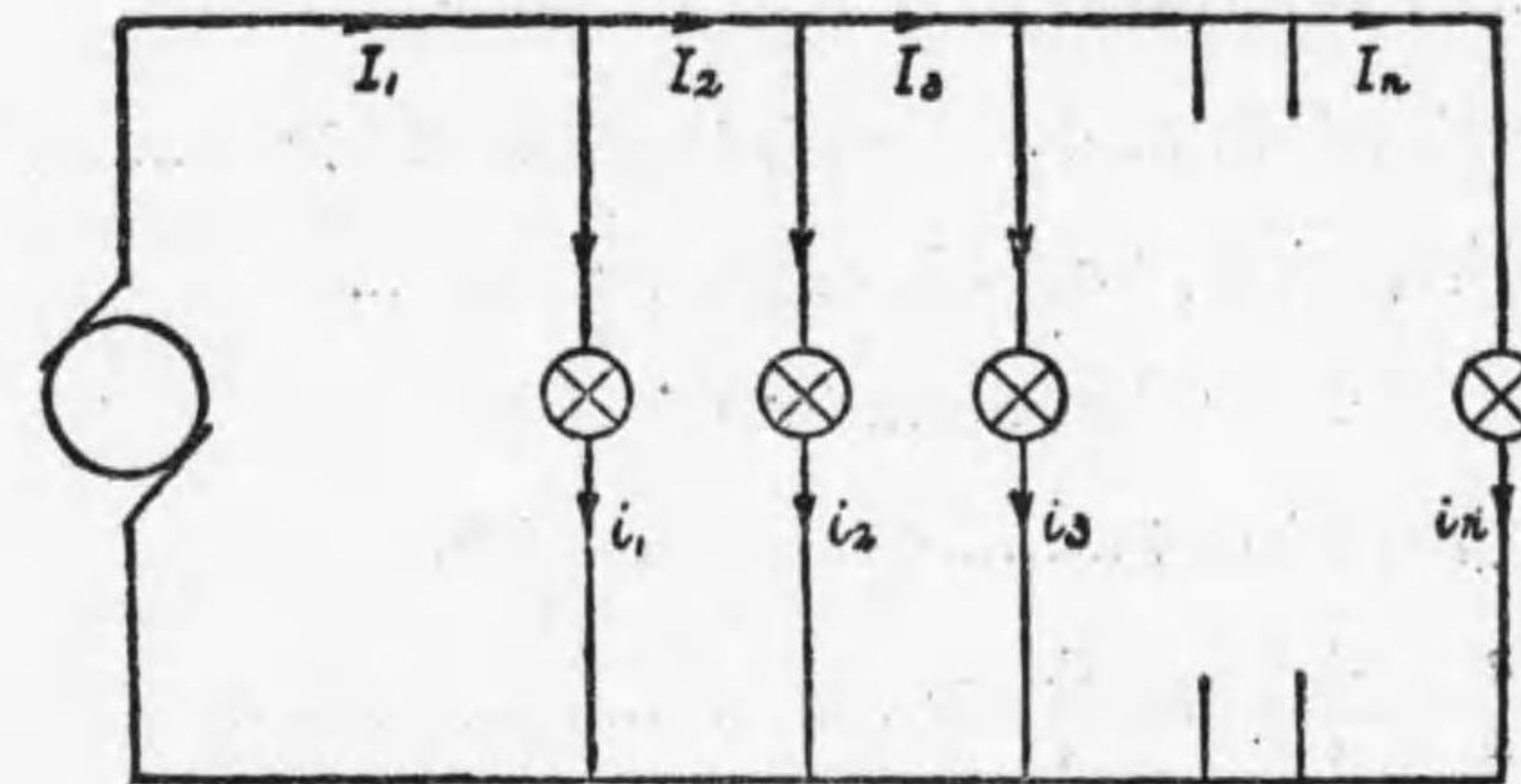
第 6 3 圖 配電系統

的

經濟上の條件とは、電線路材料の原價、金利、維持費、償却金、保安積立金及び電力の損失に對する價等に關するものにして、凡て之等經費の一年間の合計が最小なる様に建設するを要す。

2. 一端よりのみ饋電せられたる並列直流回路

(a) 電流分布 キルヒホッフの法則によりて



第 6 4 圖 並列直流回路

$$\begin{aligned}
 I_1 &= i_1 + I_2 & *I'_n &= i_n & I_n &= I'_n & I_n &= i_n \\
 I_2 &= i_2 + I_3 & I'_{n-1} &= i_{n-1} + I'_n & I_{n-1} &= I'_{n-1} & I_{n-1} &= i_{n-1} + i_n \\
 I_{n-1} &= i_{n-1} + I_n & I_2' &= i_2 + I_3' & I_2 &= I_2' & I_2 &= i_2 + i_3 + \dots + i_n \\
 I_n &= i_n & I_1 &= i_2 + I_2' & I_1 &= I_1' & I_1 &= i_1 + i_2 + \dots + i_n
 \end{aligned}$$

(b) 電壓降下計算例

ϵ 往復導體の電壓降下をヴォルトにて表す。
 $r_1 r_2 \dots r_n$ 片道導體の負荷 $i_1 i_2 i_3 \dots i_n$ 迄の抵抗をオームにて表す。

註 * I'_n は I_n に相當する下部導體の電流なり。

$\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n$ 片道の導体の發電機端或は饋電點よりの各負荷 $i_1, i_2, i_3, \dots, i_n$ の掛れる點迄の抵抗オームにて表はす。

l_1, l_2, \dots, l_n 各負荷間の片道の長さをメートルにて表はす。

l_1, l_2, \dots, l_n " 往復の " "

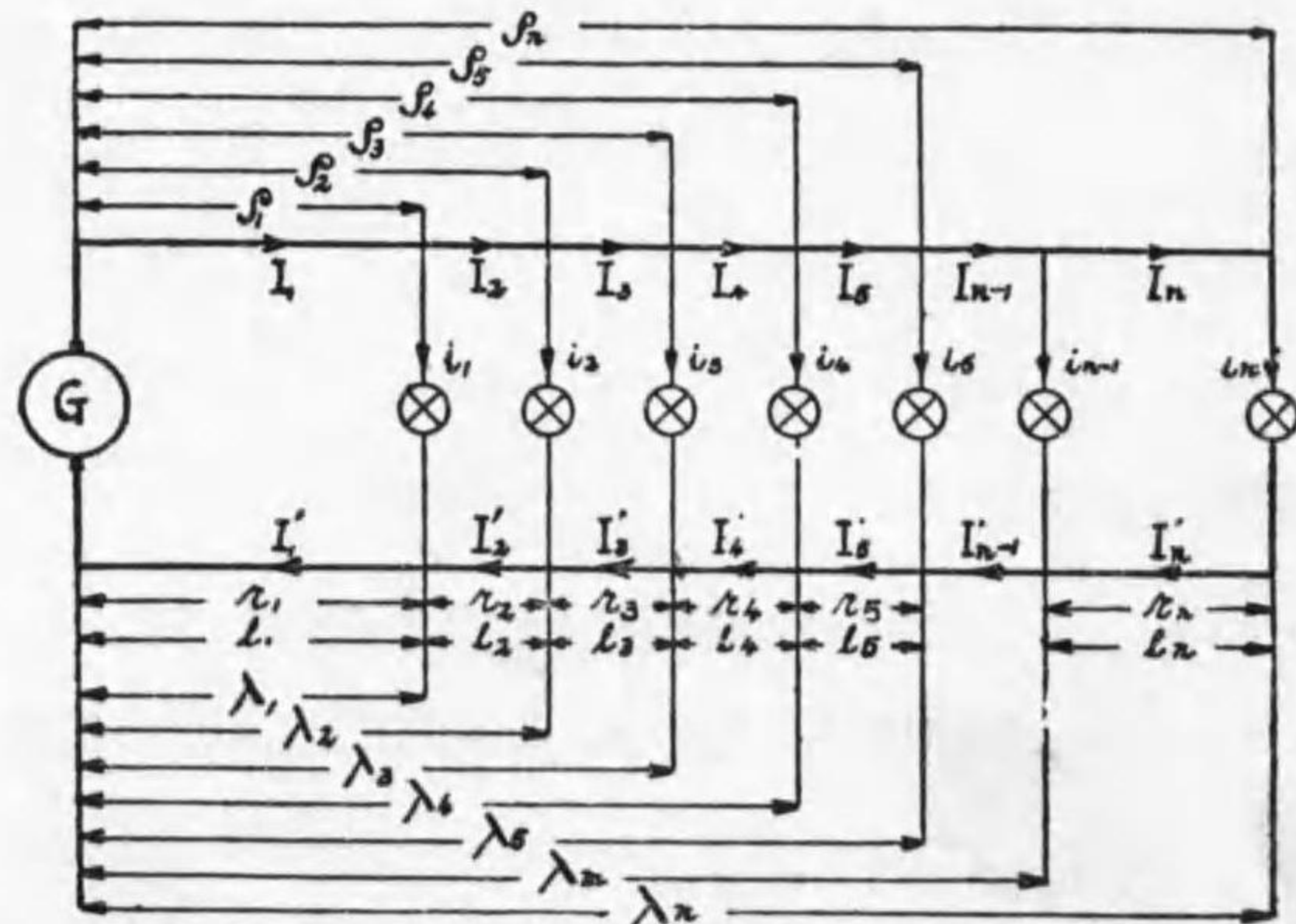
$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ 饋電點より各負荷までの距離

q 導体の斷面積を 耗^2 にて表はす。

$$\begin{aligned} \frac{\varepsilon}{2} &= I_1 r_1 + I_2 r_2 + \dots + I_{n-1} r_{n-1} + I_n r_n \\ &= (i_1 + i_2 + \dots + i_n) r_1 + (i_2 + i_3 + \dots + i_n) r_2 + \dots + i_n r_n \\ &= i_1 r_1 + i_2 (r_1 + r_2) + i_3 (r_1 + r_2 + r_3) + \dots \\ &\quad + i_n (r_1 + r_2 + \dots + r_n) \\ &= i_1 \rho_1 + i_2 \rho_2 + \dots + i_{n-1} \rho_{n-1} + i_n \rho_n \end{aligned}$$

即ち $\frac{\varepsilon}{2} = \sum_1^n I r = \sum_1^n i \rho$ (1)

然るに $r = \frac{l}{Kq}$



第 65 圖 直流並列回路の抵抗及電流圖

K 1 米の長さ 1 耗^2 の斷面積の導體金屬の電導率

銅 55—58 平均 57

鐵 7.4

アルミニウム 35.5

同一金屬導體の場合

之を (1) 式に代入すれば

$$\frac{\varepsilon}{2} = \frac{1}{K} \sum_1^n \frac{I l}{q} \dots \dots \dots (2)$$

各配電線の斷面積等しき場合には、

$$\frac{\varepsilon}{2} = \frac{1}{Kq} \sum_1^n I l \dots \dots \dots (2)'$$

$$\rho_1 = r_1 = \frac{l_1}{Kq_1}$$

$$\rho_2 = r_1 + r_2 = \frac{l_1}{Kq_1} + \frac{l_2}{Kq_2} = \frac{1}{K} \left(\frac{l_1}{q_1} + \frac{l_2}{q_2} \right)$$

$$\rho_{n-1} = r_1 + r_2 + \dots + r_{n-1} = \frac{l_1}{Kq_1} + \frac{l_2}{Kq_2} + \dots + \frac{l_{n-1}}{Kq_{n-1}}$$

$$= \frac{1}{K} \left(\frac{l_1}{q_1} + \dots + \frac{l_{n-1}}{q_{n-1}} \right)$$

$$\frac{l_1}{q_1} = u_1 \qquad \frac{l_1}{q_1} + \frac{l_2}{q_2} = u_2$$

$$\frac{l_1}{q_1} + \frac{l_2}{q_2} + \dots + \frac{l_n}{q_n} = u_n \text{ とせば}$$

$$\rho_1 = \frac{1}{K} u_1 \qquad \rho_2 = \frac{1}{K} u_2$$

.....
.....

$$\rho_{n-1} = \frac{1}{K} u_{n-1} \qquad \rho_n = \frac{1}{K} u_n$$

$$\begin{aligned} \therefore \frac{\varepsilon}{2} &= \sum_1^n i\rho = \frac{1}{K} (i_1 u_1 + i_2 u_2 + \dots + i_{n-1} u_{n-1} + i_n u_n) \\ &= \frac{1}{K} \sum_1^n i u \dots\dots\dots (3) \end{aligned}$$

断面積の等しき場合には。

$$\rho_1 = \frac{l_1}{Kq} = \frac{\lambda_1}{Kq}$$

$$\rho_2 = \frac{l_1}{Kq} + \frac{l_2}{Kq} = \frac{1}{Kq} (l_1 + l_2) = \frac{1}{Kq} \lambda_2$$

.....
.....

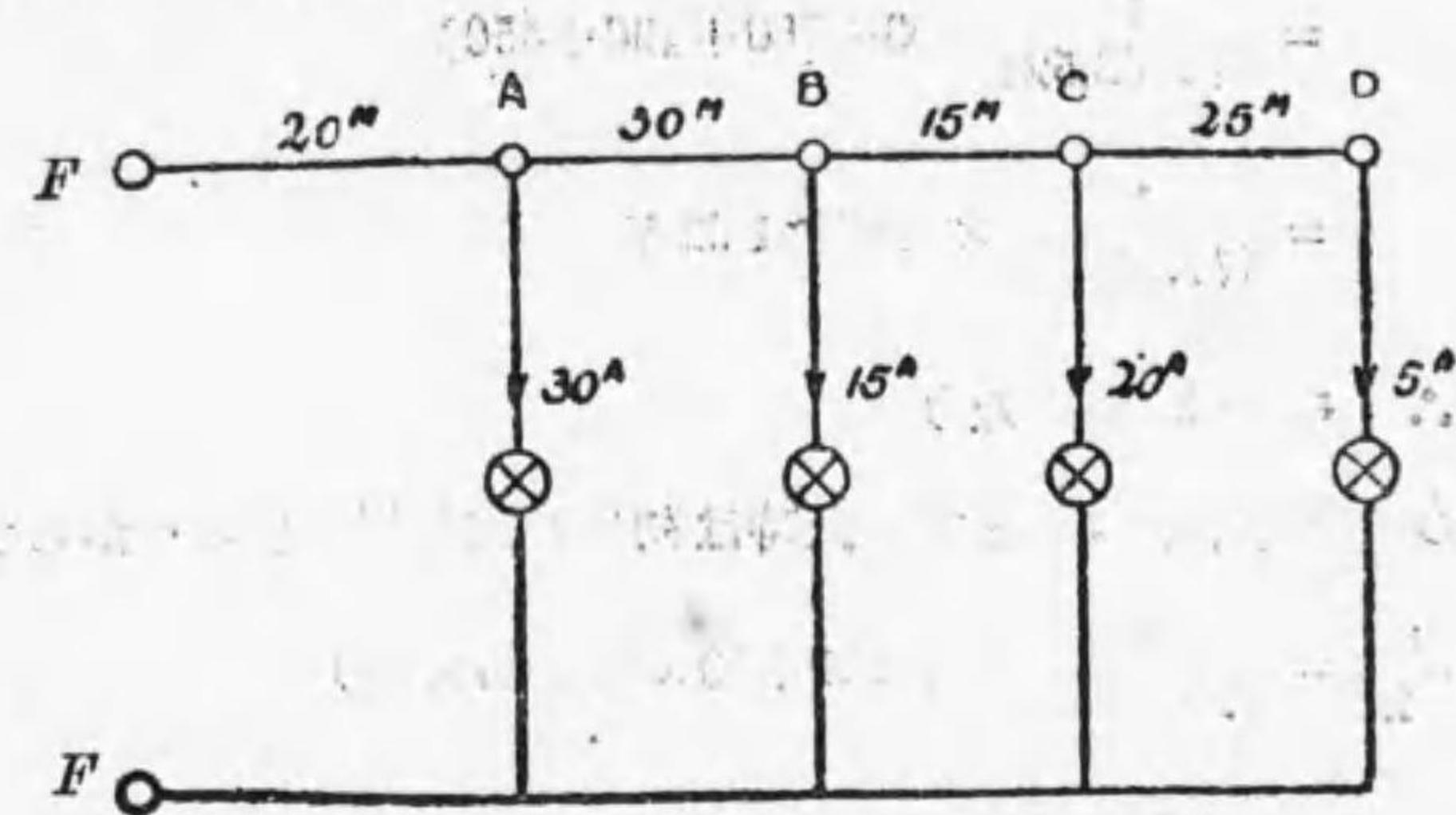
$$\rho_{n-1} = \frac{1}{Kq} (l_1 + l_2 + \dots + l_{n-1}) = \frac{1}{Kq} \lambda_{n-1}$$

$$\rho_n = \frac{1}{Kq} (l_1 + l_2 + \dots + l_n) = \frac{1}{Kq} \lambda_n$$

$$\begin{aligned} \therefore \frac{\varepsilon}{2} &= \frac{i_1 \lambda_1}{Kq} + \frac{i_2 \lambda_2}{Kq} + \dots + \frac{i_{n-1} \lambda_{n-1}}{Kq} + \frac{i_n \lambda_n}{Kq} \\ &= \frac{1}{Kq} (i_1 \lambda_1 + i_2 \lambda_2 + \dots + i_{n-1} \lambda_{n-1} + i_n \lambda_n) \dots\dots\dots \\ \frac{\varepsilon}{2} &= \frac{1}{Kq} \sum_1^n i \lambda \dots\dots\dots (3)' \end{aligned}$$

例題(1) 下圖に於ける配電線は一様にして、53,521 mm²(B.S.#0)の断面積を有す。D 點及 C 點の電壓降下を求む。

但し圖中記入の距離は片線の長さを示す。



第 6 6 圖 例題附圖

解 公式 $\frac{\varepsilon}{2} = \frac{1}{Kq} \sum_1^n I l$ 又は $= \frac{1}{Kq} \sum_1^n i \lambda$ を用ふ

初の式に適用する爲に I の値を求む。

$$I_1 = 30 + 15 + 20 + 5 = 70 \text{ A}$$

$$I_2 = 15 + 20 + 5 = 40 \text{ A}$$

$$I_3 = 20 + 5 = 25 \text{ A}$$

$$I_4 = 5 = 5 \text{ A}$$

D 點の電壓降下を ε_D とせば

$$\begin{aligned} \frac{\varepsilon_D}{2} &= \frac{1}{57 \times 53.521} (70 \times 20 + 40 \times 30 + 25 \times 15 + 5 \times 25) \\ &= \frac{1}{57 \times 53.521} \times 3100 \approx 1.02 \text{ V} \end{aligned}$$

第二の式を用ひんとせば λ の値を見出すを要す。

$$\lambda_1 = 20 \text{ m} \quad \lambda_2 = 50 \text{ m} \quad \lambda_3 = 65 \text{ m} \quad \lambda_4 = 90 \text{ m}$$

$$\frac{\varepsilon_D}{2} = \frac{1}{57 \times 53.521} (80 \times 20 + 50 \times 15 + 65 \times 20 + 90 \times 5)$$

$$= \frac{1}{57 \times 53.521} (600 + 750 + 130 + 450)$$

$$= \frac{1}{57 \times 53.521} \times 3100 \approx 1.02 \text{ V}$$

∴ $\varepsilon_D = 2.04 \text{ V}$ なり

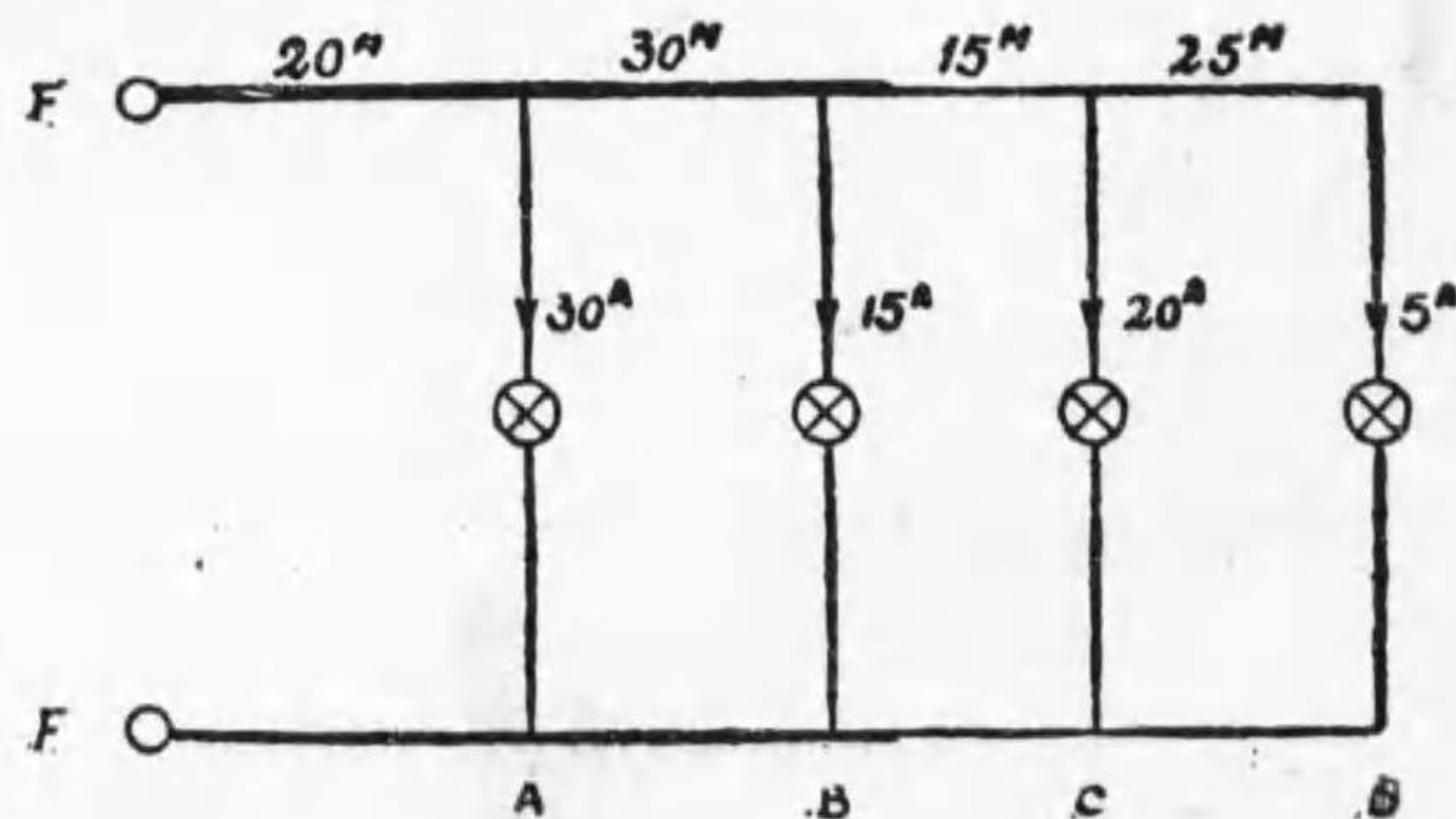
C 點の電壓降下を ε_C とす。此時は初めの式を用ひざるべからず。

$$\frac{\varepsilon_C}{2} = \frac{1}{57 \times 53.521} (70 \times 20 + 40 \times 30 + 25 \times 15)$$

$$= \frac{2975}{57 \times 53.521} \approx 0.98 \text{ V}$$

∴ $\varepsilon_C = 1.96 \text{ V}$ となる。

例題 (2) 下圖に於て、FB 間は断面積 70 平方耗の銅線、B より D 點は 35 平方耗の銅線を用ひ、D 點の電壓降下を計算せよ。但し圖中記入の距離は片線の長さなり。



第 67 圖 例題附圖

解 (3) の公式を用ふ。

$$\frac{\varepsilon_D}{2} = \frac{1}{K} \sum_1^n iu$$

$$u_1 = \frac{l_1}{q_1} = \frac{20}{70} = \frac{2}{7}$$

$$u_2 = u_1 + \frac{l_2}{q_2} = \frac{2}{7} + \frac{30}{70} = \frac{5}{7}$$

$$u_3 = u_2 + \frac{l_3}{q_3} = \frac{50}{70} + \frac{15}{35} = \frac{80}{70} = \frac{8}{7}$$

$$u_4 = u_3 + \frac{l_4}{q_4} = \frac{80}{70} + \frac{25}{35} = \frac{130}{70} = \frac{13}{7}$$

$$\frac{\varepsilon_D}{2} = \frac{1}{57} \left(\frac{2}{7} \times 30 + \frac{5}{7} \times 15 + \frac{8}{7} \times 20 + \frac{13}{7} \times 5 \right)$$

$$= \frac{1}{57} (8.57 + 10.71 + 22.86 + 9.29) = \frac{51.43}{57} = 0.902 \text{ V}$$

(2) 式を用ふれば

$$\frac{\varepsilon_D}{2} = \frac{1}{K} \sum_1^n \frac{Il}{q}$$

$$= \frac{1}{57} \left(\frac{70 \times 20}{70} + \frac{40 \times 30}{70} + \frac{25 \times 15}{35} + \frac{5 \times 25}{35} \right)$$

$$= \frac{1}{57} \left(20 + \frac{120}{7} + \frac{5 \times 15}{7} + \frac{25}{7} \right)$$

$$= \frac{1}{57} (20 + 17.14 + 10.71 + 3.57)$$

$$= \frac{1}{57} \times 51.41 \approx 0.902 \text{ V}$$

∴ $\varepsilon_D = 1.804 \text{ V}$

前の計算の結果と僅の差を生ぜり。之れ計算に際して四捨五入せる時に生ずる誤差なり。

例題 (3) 前題の圖に於て C 點の電壓降下を求む。

解 此の場合には公式 (2) を用ひざる可からず。

$$\frac{\epsilon_C}{2} = \frac{1}{K} \sum_i \frac{Il}{q}$$

$$= \frac{1}{57} \left(\frac{70 \times 20}{70} + \frac{40 \times 30}{70} + \frac{25 \times 15}{35} \right) = \frac{47.85}{57} = 0.84$$

∴ $\epsilon_D = 1.68 \text{ V}$

例題 (4) 例題 (1) に於て饋電點の電壓 110 V とし、最大電壓降下を 2% 以内に止めんとす。導線の太さを計算せよ。(銅線を用ふ)

解 饋電電壓 110 V ならば、最大電壓降下は $\frac{110 \times 2}{100} = 2.2 \text{ V}$ なり。

而して最大降下の點は最端の負荷掛る點 D 點なる事明なり。

依つて $\frac{\epsilon_D}{2} = \frac{1}{57 \times q} \sum Il = \frac{1}{57 \times q} \times 3100$

∴ $1.1 \text{ V} = \frac{1}{57 \times q} \times 3100$

$q = \frac{3100}{57 \times 1.1} \approx 49.5 \text{ 耗}^2$

今 (B & S) の番號にある線を用ふるとせば、表より

B & S# 1.....42.321 mm²

B & S# 0.....53.521 mm²

故に、B & S # 0 は少し太過ぎれども、之れより以下の線は用ふを得ず。

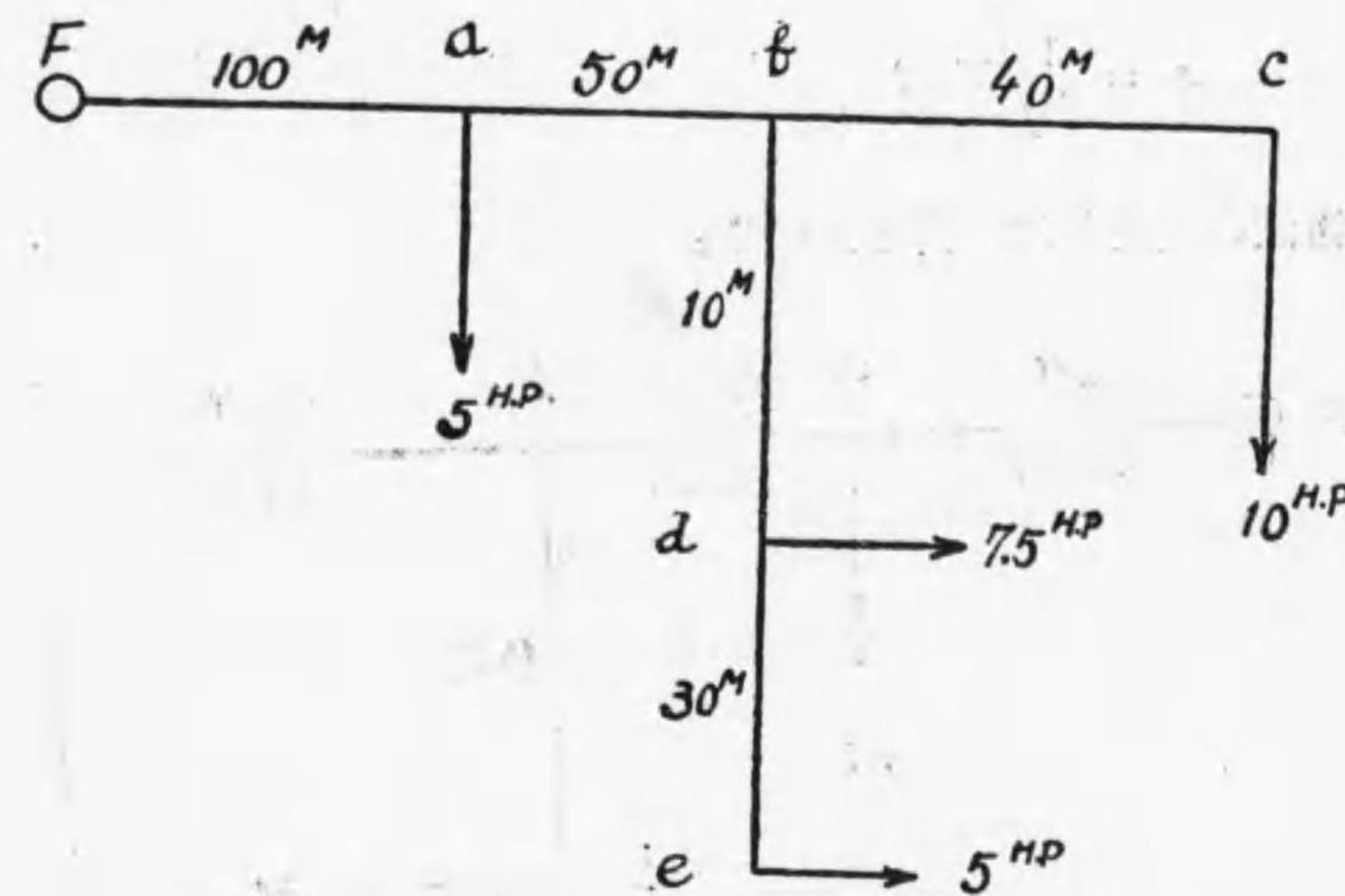
又多くは將來負荷の増加するものなる故に、太き線を用ひるをよしとす。

然し此太さの線が電流を安全に通するや否やも、調査せざるべからず。

B & S # 0 の安全電流は護謨線屋外に於て 130 A なり。此問題に於て通

過する最大電流は 70 A ならば安全なることを知る。

例題 (5) 圖に示せる大さの分捲直流電動機を圖の如き往復の距離に負荷せるものとす。最後の電動機に於ける電壓降下を 5% 以内とし饋電電壓 220 V とし銅線の太さを算出せよ。但し 1 H.P. を 736 W とし電動機の能率は適當に撰ぶべし。



第 68 圖 例題附圖

解 各電動機に流れる電流を求むるには、電動機の能率を知るを要す。各電動機に通る電流を i とせば。

$$i = \frac{736 \text{ W} \times \text{H.P.}}{E \times \mu}$$

	H.P	μ	i
a	5.0	0.80	21
c	10.0	0.82	41
d	7.5	0.81	31
e	5.0	0.80	21

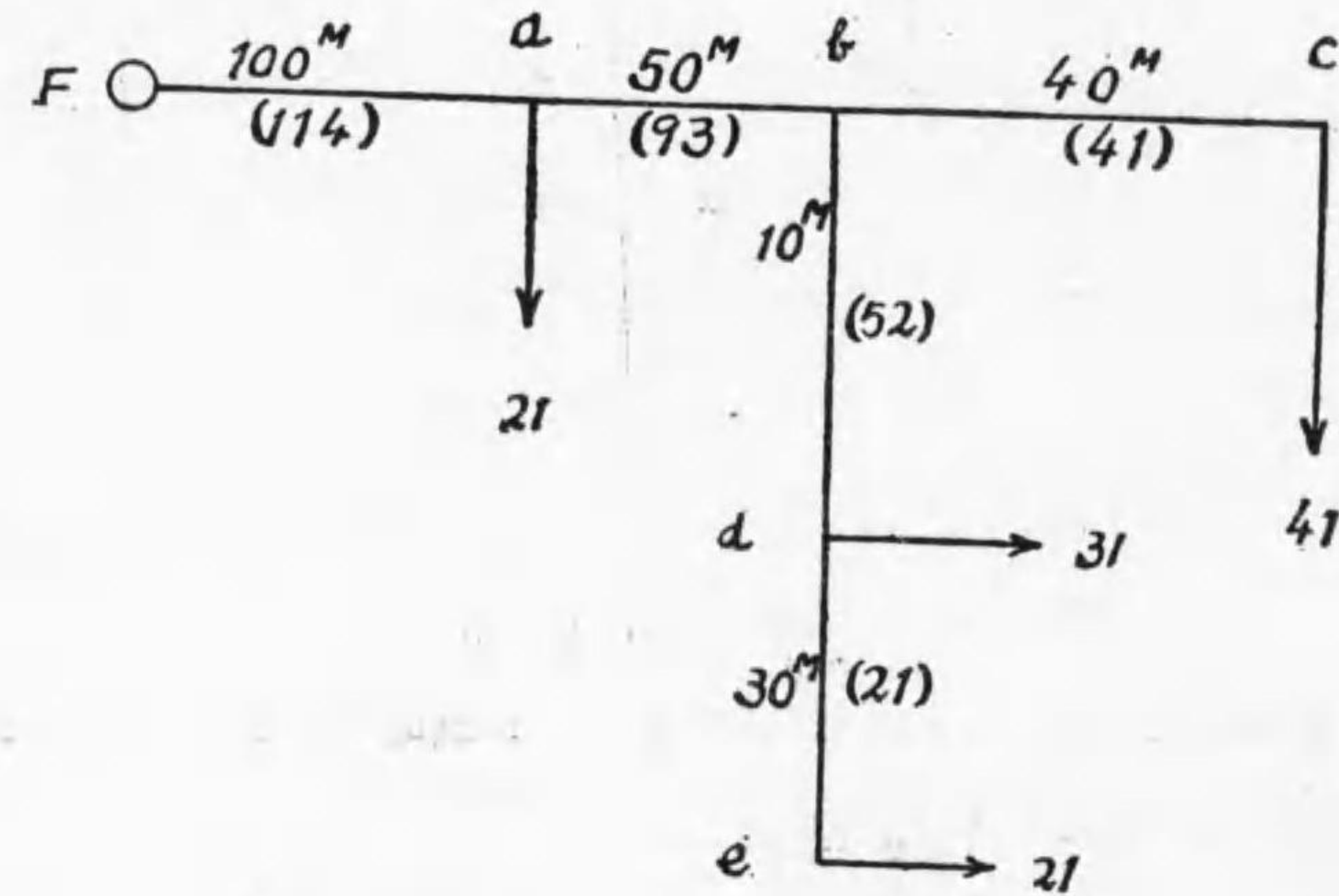
先づ F より C 迄同一太さの導體を以て引けるものとす。而して往復の導體の長さを與へられ居る故に、次の式を用ふ。

$$\frac{\epsilon}{2} = \frac{1}{Kq} \sum Il \quad l \text{ --- 本の導體の長さ}$$

$$\epsilon = 2 \frac{1}{Kq} \sum Il \quad l \text{ --- 往復導體の長さ}$$

$$\epsilon = \frac{1}{Kq} \sum Il$$

圖を電流の負荷を以て書き換へる。



第 69 圖 例題附圖

$$\therefore q = \frac{17690}{57 \times 11} \approx 28.2 \text{ mm}^2$$

直徑 6 mm の銅線なり。(28.27 mm²)

護謨絶縁銅線を用ふるとせば、直徑 6 mm の線の安全電流は 114 A 以下なり。故に安全電流 125 A の 35 mm² の銅線を F. b. の間に用ひ、

b. c. の間には更に細き線を用ふ。

$$\epsilon_b = \frac{1}{57 \times 35} (114 \times 100 + 93 \times 50)$$

$$= \frac{16059}{57 \times 35} = 8.04 \text{ V}$$

故に bc 又は be の間に許し得べき電壓降下は

$$11 - 8.04 = 2.96 \text{ V なり}$$

$$\epsilon_{bc} = \frac{1}{57q} \times 40 \times 41$$

$$q = \frac{1640}{57 \times 2.96} = 9.72 \text{ mm}^2$$

故に 10 mm² の線を用ふ。

10 mm² の安全電流は 43 A ならば支障なし。

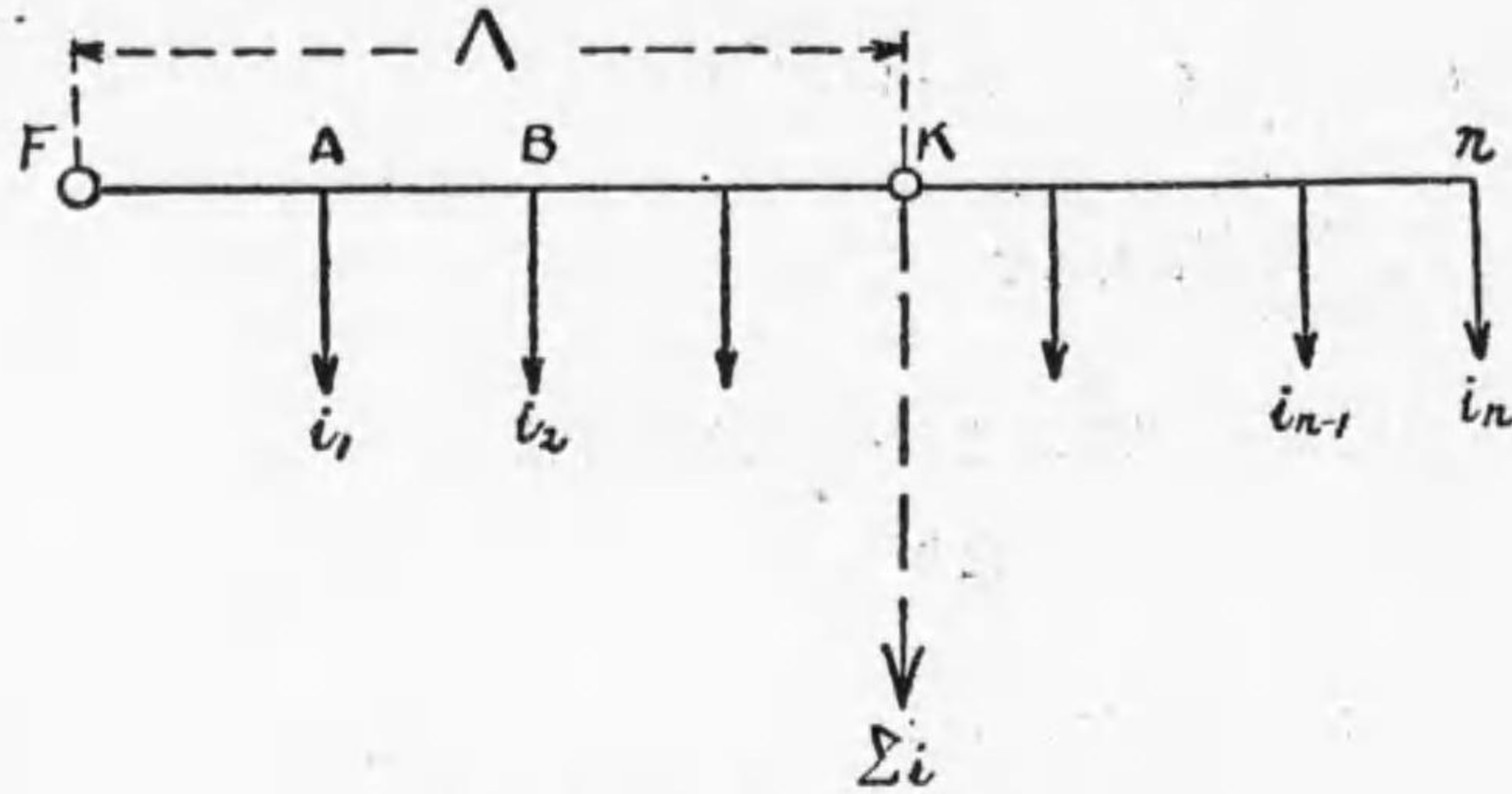
$$\epsilon_{be} = \frac{1}{57 \times q} \times 1150$$

$$q = \frac{1150}{57 \times 2.96} = 6.81 \text{ mm}^2$$

10 mm² にして安全電流は 43 A ならば、52 A を通すにはより太き線を用ひざるべからず。太きに過れども 16 mm² (安全電流 \approx 75 A) を用ふるか、或は B & S の標準線を用ふるならば、B & S #5 を適當とす。

3. 等價距離 (equivalent distance) 一方より饋電せる配電線に散在せる負荷がある場合、其の全體の負荷を一つの所に掛れるものと見做し、その點の電壓降下と配電線負荷の最端に於ける電壓降下

と、同一なる如き點の饋電點よりの距離を等價距離といふ。



第 70 圖 等價距離

例へば $i_1, i_2, i_3, \dots, i_{n-1}, i_n$ なる電流が圖の如く掛れる時、

$$\frac{\epsilon_n}{2} \sum_1^n i \rho \text{ たり}$$

今 $i_1 + i_2 + \dots + i_{n-1} + i_n = \Sigma i$ なる電流が K なる點に掛り、 K 點の電壓降下が ϵ_n と同一なる點とす。 FK の抵抗を R とせば、

$$\frac{\epsilon_n}{2} = \sum_1^n i \rho = (\Sigma i) \times R \text{ となる。}$$

$$\therefore R = \frac{\sum_1^n i \rho}{\Sigma i} \text{ 或は } R = \frac{\frac{1}{K} \sum_1^n i u}{\Sigma i} \dots \dots \text{異なる斷面積の時}$$

$$= \frac{\frac{1}{Kq} \sum_1^n i \lambda}{\Sigma i} \dots \dots \text{同一の斷面積の時}$$

F より A 迄の間 l_1 の長さは q_1 、 A より B 迄の間 l_2 間は q_2 等に變化する場合 R の値は次の如し。

今 l_k の一部に K 點がありとし其點を K' とす。

$$R = \frac{l_1}{Kq_1} + \frac{l_2}{Kq_2} + \frac{l_3}{Kq_3} + \dots + \frac{l'_k}{Kq_k} \quad l'_k \text{ は } l_k \text{ の一部分なり}$$

$$= \frac{1}{K} \left(\frac{l_1}{q_1} + \frac{l_2}{q_2} + \frac{l_3}{q_3} + \dots \right) = \frac{1}{K} (U_1 + U_2 + \dots + U'_k)$$

$$\frac{l_1}{q_1} = U_1 \quad \frac{l_2}{q_2} = U_2 \quad \frac{l'_k}{q_k} = U'_k \text{ とす}$$

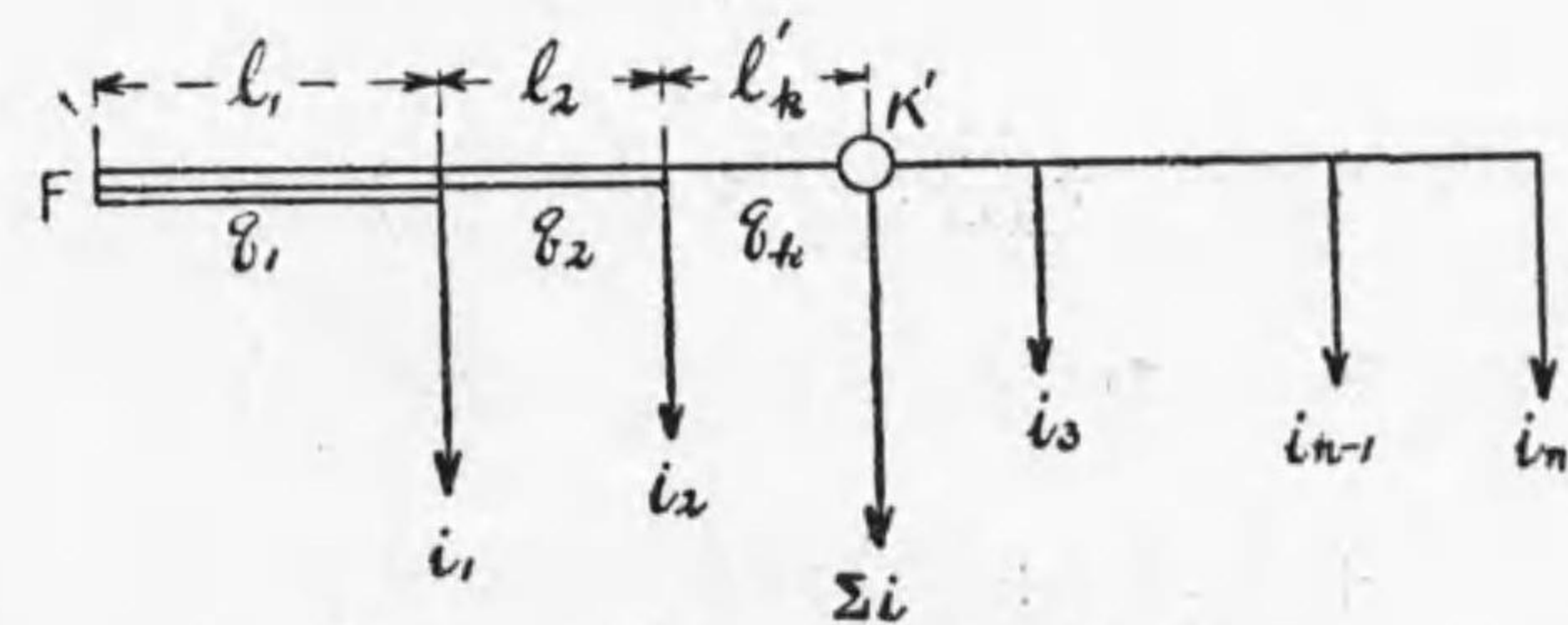
$$R = \frac{1}{K} \sum_1^k U = \frac{\frac{1}{K} \sum_1^n i u}{\Sigma i}$$

$$\sum_1^k U = \frac{\sum i u}{\Sigma i} \text{ となる} \dots \dots (4)$$

若し F より N 迄同一の太さならば、

$$R = \frac{\frac{1}{Kq} \sum i \lambda}{\Sigma i} = \frac{\Lambda}{Kq} \quad (\Lambda \dots \dots FK' \text{ の間の距離とす})$$

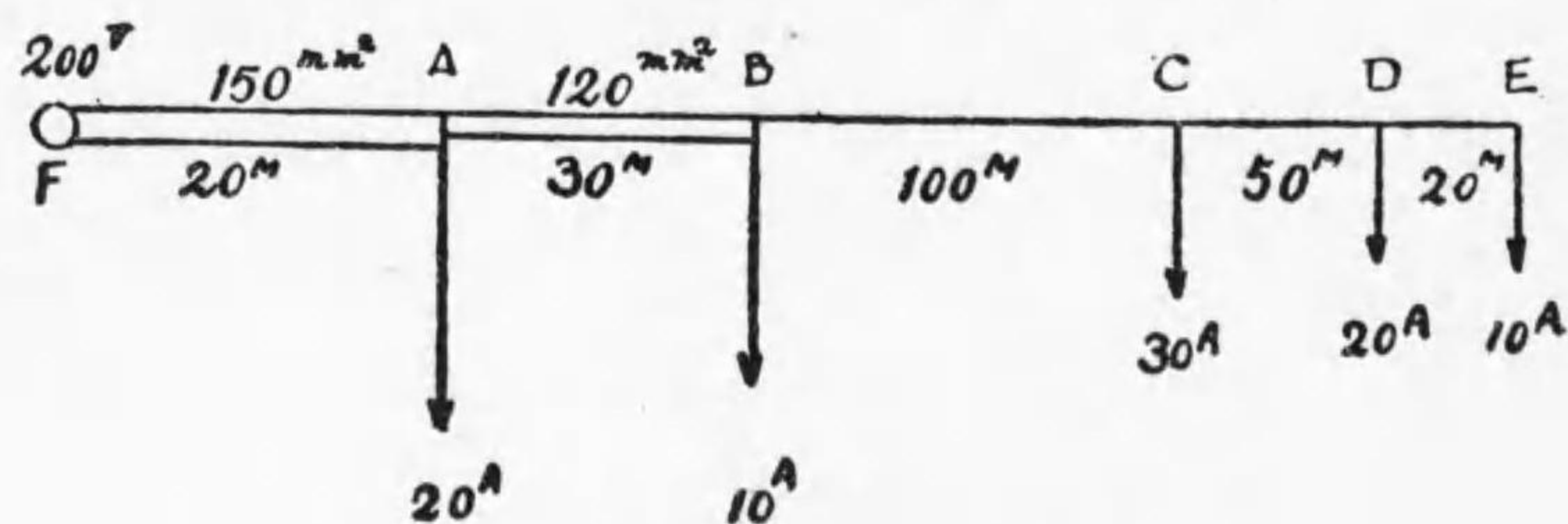
$$\Lambda = \frac{\sum_1^n i \lambda}{\Sigma i} \text{ となる。} \dots \dots (4')$$



第 71 圖 等價距離

(4) (4)' の式の FK' なる點は 圖の如き點にして、此等の FK の距離を等價距離と云ふ。此の考は計算に際し便利なる場合あり。

例題(1) A B 兩點には以前大なる負荷掛りし爲、 150 mm^2 及び 120 mm^2 なる銅線を用ひ居りたれど、其の負荷は現在 20 A 及 10 A に減じ居れり、他に 30 A 20 A 10 A なる三つの負荷が圖の如き位置にあり。FAB 線を利用して配電せんとす。E 點の電壓降下を 5% として BE 間の電線の太さを計算せよ。(圖中記入の距離は往復の長さとする)



第 7 2 圖 例題附圖

解 $\Sigma i = 20 + 10 + 30 + 20 + 10 = 90 \text{ A}$

$$\Sigma iu = 20 \times \frac{10}{150} + 10 \left(\frac{10}{150} + \frac{15}{120} \right) + 30 \left(\frac{10}{150} + \frac{15}{120} + \frac{50}{q} \right)$$

$$+ 20 \left(\frac{10}{150} + \frac{15}{120} + \frac{50}{q} + \frac{25}{q} \right)$$

$$+ 10 \left(\frac{10}{150} + \frac{15}{120} + \frac{50}{q} + \frac{25}{q} + \frac{10}{q} \right)$$

$$\Sigma iu = 20(0.0667) + 10(0.1917) + 30 \left(0.1917 + \frac{50}{q} \right)$$

$$+ 20 \left(0.1917 + \frac{75}{q} \right) + 10 \left(0.1917 + \frac{85}{q} \right)$$

$$= 20 \times 0.0667 + 10 \times 0.1917 + 30 \times 0.1917$$

$$+ 20 \times 0.1917 + 10 \times 0.1917 + \frac{1}{q} (1500 + 1500 + 850)$$

$$= 1.334 + 0.1917 \times (10 + 30 + 20 + 10) + \frac{1}{q} (1500 + 1500 + 850)$$

$$= 1.334 + 0.1917 \times 70 + \frac{1}{q} \times 3850$$

$$= 1.334 + 13.219 + \frac{3850}{q} = 14.753 + \frac{3850}{q}$$

$$\text{電壓降下は } \frac{200}{100} \times 5 = 10 \text{ V} \quad \frac{\varepsilon}{2} = 5 \text{ V}$$

$$\therefore 5 = \frac{1}{57} \left\{ 14.75 + \frac{3850}{q} \right\}$$

$$5 \times 57 - 14.75 = \frac{3850}{q}$$

$$q = \frac{3850}{285 - 14.75} = \frac{3850}{270.25} = 14.25 \text{ sq. mm.}$$

故に 16 mm^2 の線を用ふ、この護謄線の安全電流は 75 amp. ならば、 60 amp. を通すに充分なり。

此の場合の等価距離は次の如くして求め得べし。

$$\Sigma U = \frac{10}{150} + \frac{15}{120} + \frac{l}{16} = \frac{14.753 \times 3850}{90q} \quad (\because \Sigma U = \frac{\Sigma iu}{\Sigma i})$$

$$= \frac{14.753}{90} + \frac{3850}{90 \times 16} = 0.1639 + 2.6736 = 2.837$$

$$\therefore l = 16(2.837 - 0.1917)$$

$$= 16 \times 2.645 = 42.32 \text{ 米}$$

故に F 點よりの距離は $10 + 15 + 42.32 = 67.32 \text{ 米}$ なり。

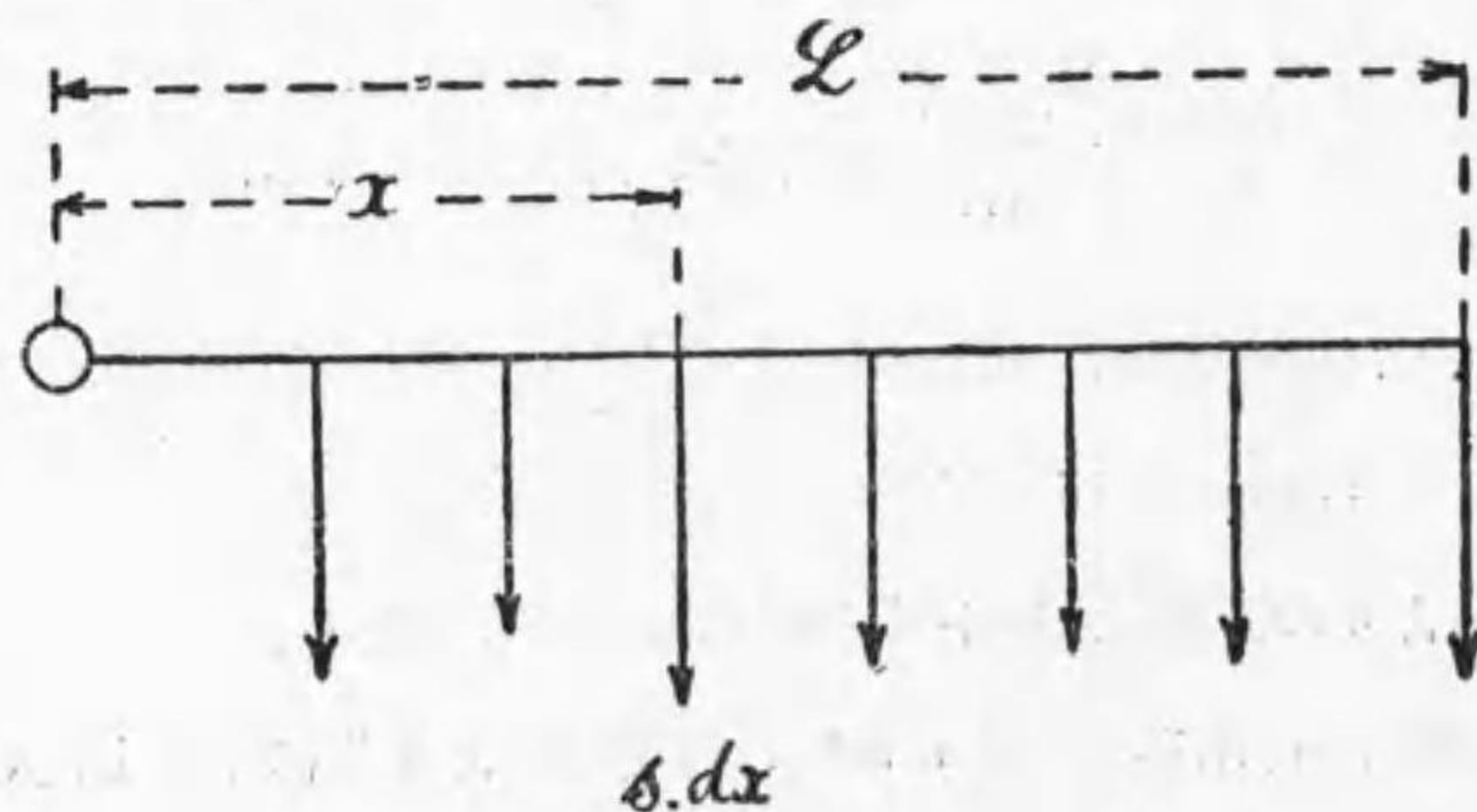
次に等価距離を用ひて 16 mm^2 の線を B より先に用ひし時の n 點の drop を調べんとす。

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \left(\frac{2\rho}{Kq} + \dots \right) \sum i = \frac{1}{57} \times \left(\frac{20}{150} + \frac{30}{120} + \frac{42.32 \times 2}{16} \right) \times 90 \\ &= \frac{1}{57} \times (0.133 + 0.25 + 5.29) \\ &= \frac{90}{57} \times 5.673 \\ &\approx 8.96 \text{ V}\end{aligned}$$

普通の方法にて計算して見れば、

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{1}{K} \left[\sum \frac{l}{q} I \right] = \frac{1}{57} \times \left(\frac{90 \times 20}{150} + \frac{70 \times 30}{120} + 60 \times \frac{100}{16} \right. \\ &\quad \left. + \frac{30 \times 50}{10} + \frac{10 \times 20}{16} \right) \\ &= \frac{1}{57} \times (12 + 17.5 + 375 + 93.75 + 12.5) \\ &= \frac{510}{57} \approx 8.96 \text{ V}\end{aligned}$$

一様に同一の太さの配電線に負荷が散在しある時、



第 7 3 圖 配電線の散在負荷

1 meter の長さに s amp. の負荷が平等に掛れるものとせば、前問の $i\lambda$ に相当するものは $s dx \times x$ なり。

$$\begin{aligned}\therefore \frac{\varepsilon}{2} &= \frac{1}{Kq} \sum i\lambda = \frac{1}{Kq} \int_0^L s x dx = \frac{s}{Kq} \left[\frac{x^2}{2} \right]_0^L \\ &= \frac{sL^2}{2Kq}\end{aligned}$$

$\sum i = Ls$ ならば

$$\frac{\varepsilon}{2} = \frac{1}{Kq} \times \wedge \sum i = \frac{\wedge}{Kq} Ls$$

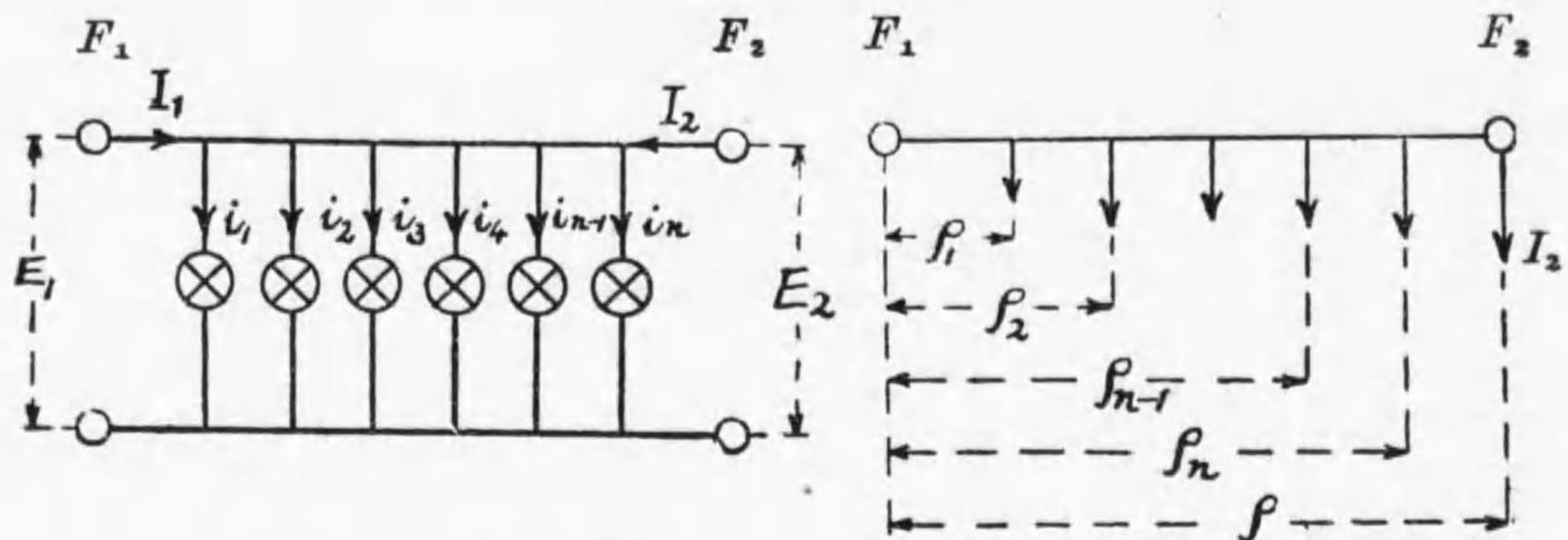
$$\therefore \wedge = \frac{\frac{1}{2} \times L^2 s}{K\varepsilon}$$

$\therefore \wedge = \frac{L}{2}$ となり全體の負荷が線路の中央に掛れるものとして計算して宜し。

若しも、平等に負荷せる外、特別に大なる負荷が所々にある場合は、平等の荷の全體が配電線の中央にかゝり、特別大なる荷は其の位置にあるものとして、負荷の数を減少して計算する事を得。

4. 配電線の両端より饋電せられたる直流並列回路

(a) 兩饋電端の電壓同一なる場合 前の式と同一の取扱をする爲に I_2 が (F_2) より流入するものを、 $-I_2$ が F_2 より流出するものと考え、 F_1 と F_2 との間の電壓の差即ち電壓降下を $\varepsilon_{F_1-F_2}$ とせば、



第 74 圖 配電線負荷圖

$$\frac{\varepsilon_{F_1} - \varepsilon_{F_2}}{2} = \frac{E_1 - E_2}{2} = i_1 \rho_1 + i_2 \rho_2 + \dots + i_{n-1} \rho_{n-1} + i_n \rho_n + (-I_2) \rho$$

然るに $E_1 = E_2$

$$\therefore I_2 \rho = i_1 \rho_1 + i_2 \rho_2 + \dots + i_{n-1} \rho_{n-1} + i_n \rho_n$$

$$I_2 = \frac{i_1 \rho_1 + i_2 \rho_2 + \dots + i_{n-1} \rho_{n-1} + i_n \rho_n}{\rho}$$

$$= \frac{\sum_1^n \widehat{i \rho}}{\rho} \left. \dots \dots \dots (5) \right\}$$

同様に $I_1 = \frac{\sum_1^n \widehat{i \rho}}{\rho}$

此式の取扱に對する注意は、饋電點より流入する電流を求めるには、其反對の側より $i\rho$ を取る事なり。

$\widehat{i \rho}$ は逆に取る事を意味す。

斷面積の異なる場合

$$\sum_1^n i\rho = \frac{1}{K} \sum_1^n iu \quad \rho = \frac{1}{K} \cdot u(F_1)$$

$$\therefore \left. \begin{aligned} I_1 &= \frac{\sum_1^n \widehat{i u}}{u_F} \\ I_2 &= \frac{\sum_1^n \widehat{i u}}{u_F} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (5)'$$

茲に於ける $u_1 = \frac{l_1}{q_1}$ $u_F = \frac{l_1}{q_1} + \frac{l_2}{q_2} + \dots + \frac{l_n}{q_n} + \frac{l_F}{q_F}$

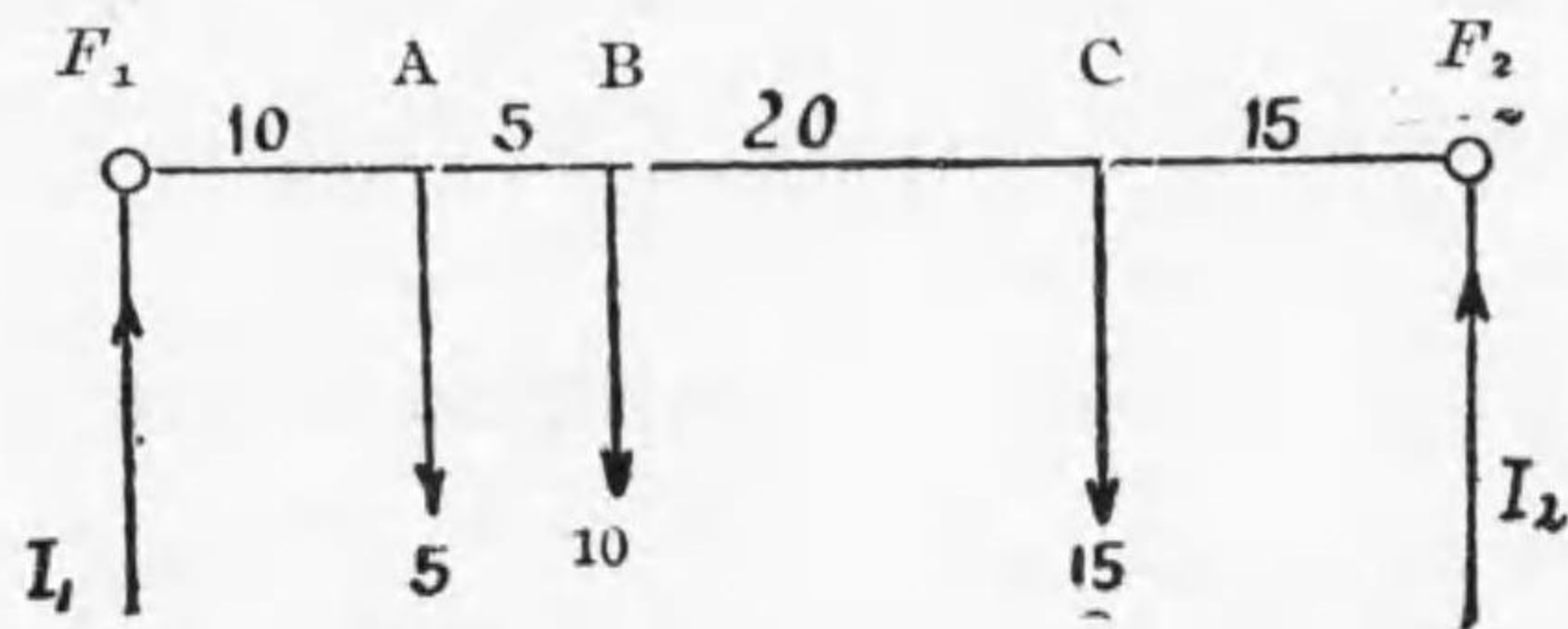
$$u_2 = \frac{l_1}{q_1} + \frac{l_2}{q_2} \quad u_n = \frac{l_1}{q_1} + \dots + \frac{l_n}{q_n}$$

斷面積の同一なる場合

$$\left. \begin{aligned} I_1 &= \frac{\sum_1^n \widehat{i \lambda}}{\lambda} \\ I_2 &= \frac{\sum_1^n \widehat{i \lambda}}{\lambda} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (5)''$$

λ $F_1 F_2$ の距離

例題 (1) 第76圖に於ける負荷状態に於て、 $I_1 I_2$ を求め、最大電壓降下の點を求めよ。但し斷面積は同一とし、圖中の距離は片線の長さとする。



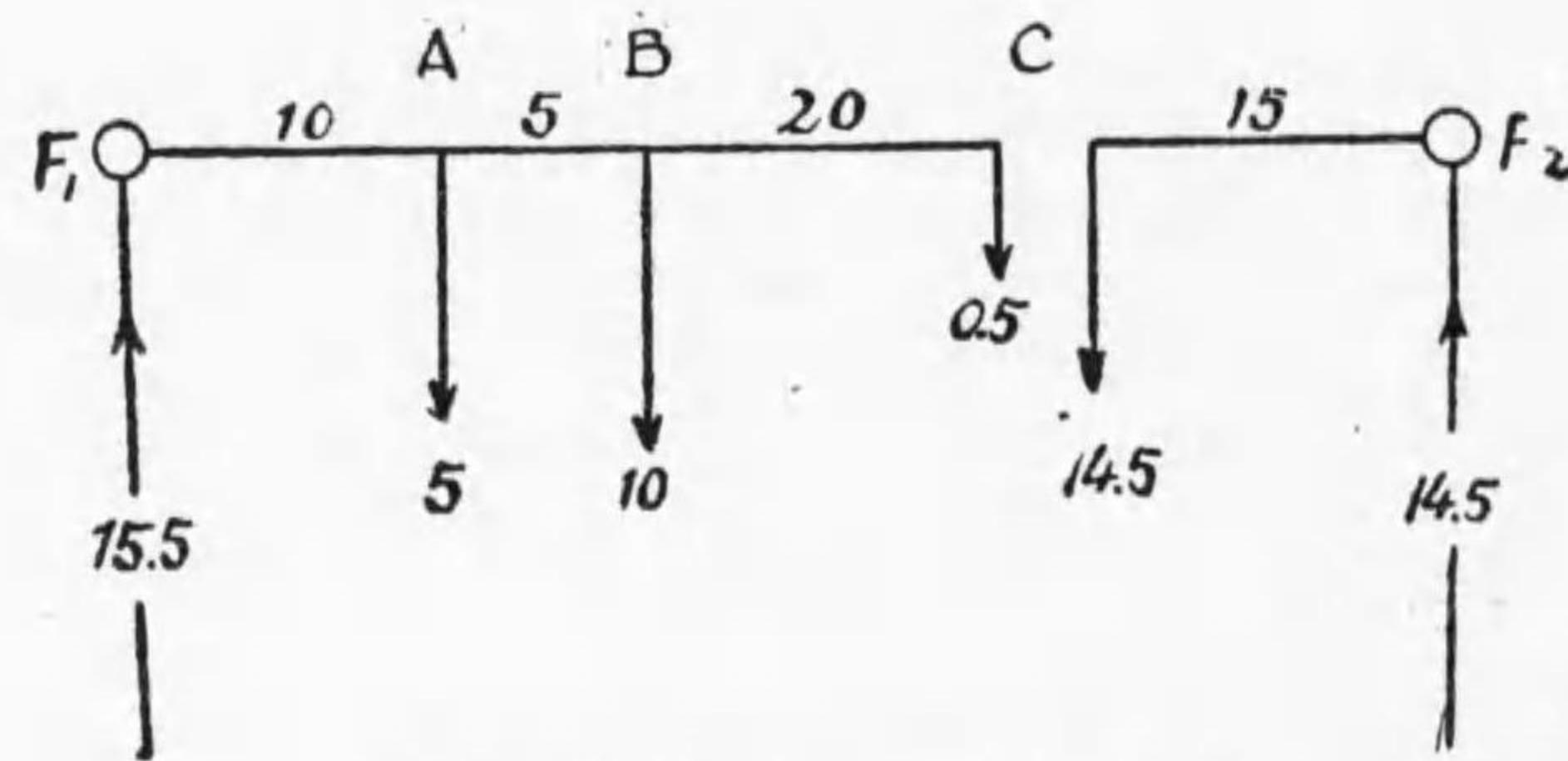
第 76 圖 例題附圖

解

$$I_2 = \frac{10 \times 5 + 15 \times 10 + 35 \times 15}{50} = \frac{50}{50} + \frac{150}{50} + \frac{525}{50} = 14.5$$

$$I_1 = \frac{15 \times 15 + 35 \times 10 + 40 \times 5}{50} = \frac{225}{50} + \frac{350}{50} + \frac{200}{50} = 15.5$$

負荷電流の和は 30 amp なり。 $I_1 + I_2 = 30$ amp となる故に計算に誤なき事を知る。電圧降下の点を見出す爲に、次の如く上圖を書き換へる事を得。

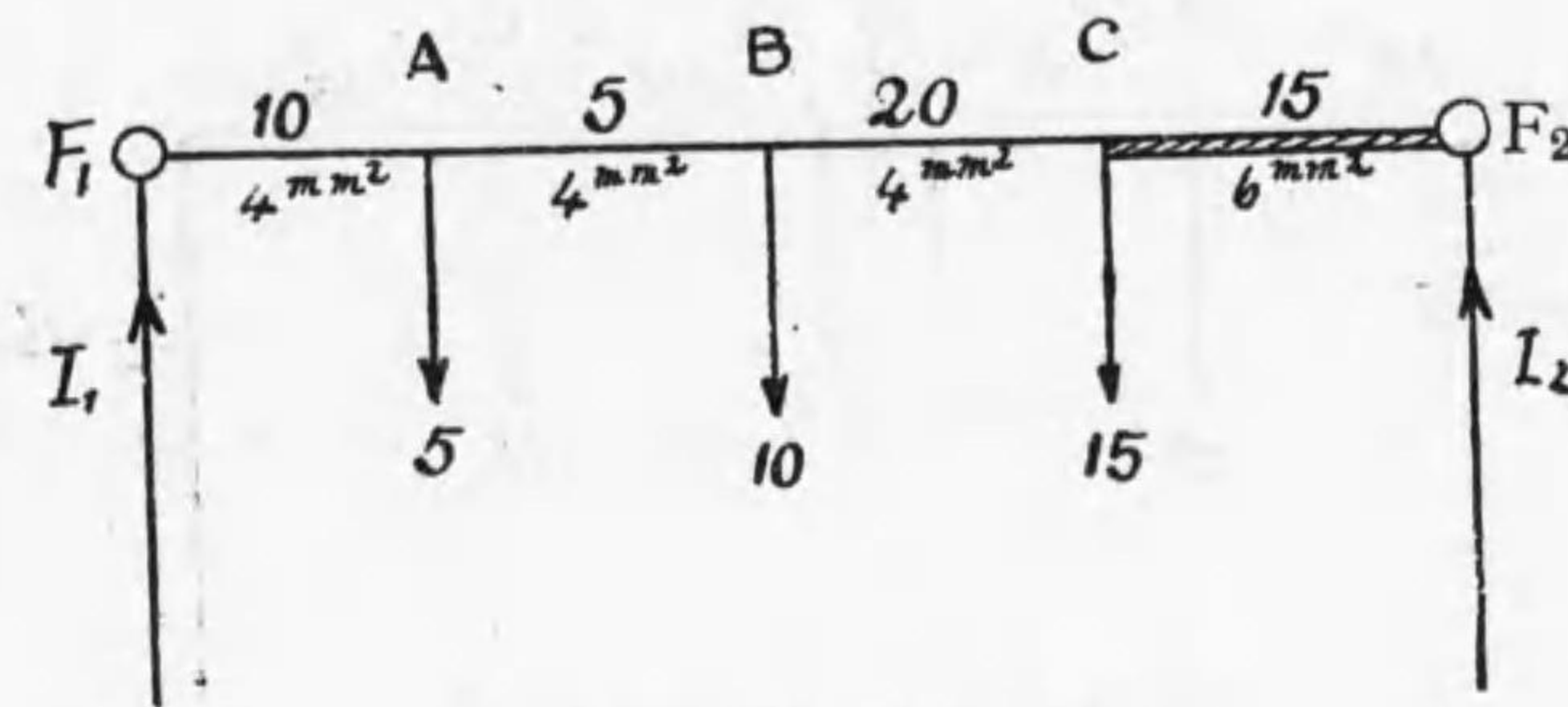


第 77 圖 例題附圖

之れ全く前節の一方より饋電せる場合の配電線となり、C 點の電壓降下最大なる事を知り得べし。又最大電壓降下の値は前節の方法にて算出し得べし。

例題 2) 第 78 圖に於て I_1, I_2 を求め電壓の最も低き點を見出せ。

解
$$I_2 = \frac{\sum i u}{u_F}$$



第 78 圖 例題附圖

$$u_1 = \frac{10}{4} = 2.5 \quad u_2 = \frac{10+5}{4} = 3.75$$

$$u_3 = \frac{10+5+20}{4} = 8.75$$

$$u = \frac{10+5+20}{4} + \frac{15}{6} = 11.25$$

$$\sum i u = 5 \times 2.5 + 3.75 \times 10 + 8.75 \times 15 = 12.5 + 37.5 + 131.25 = 181.25$$

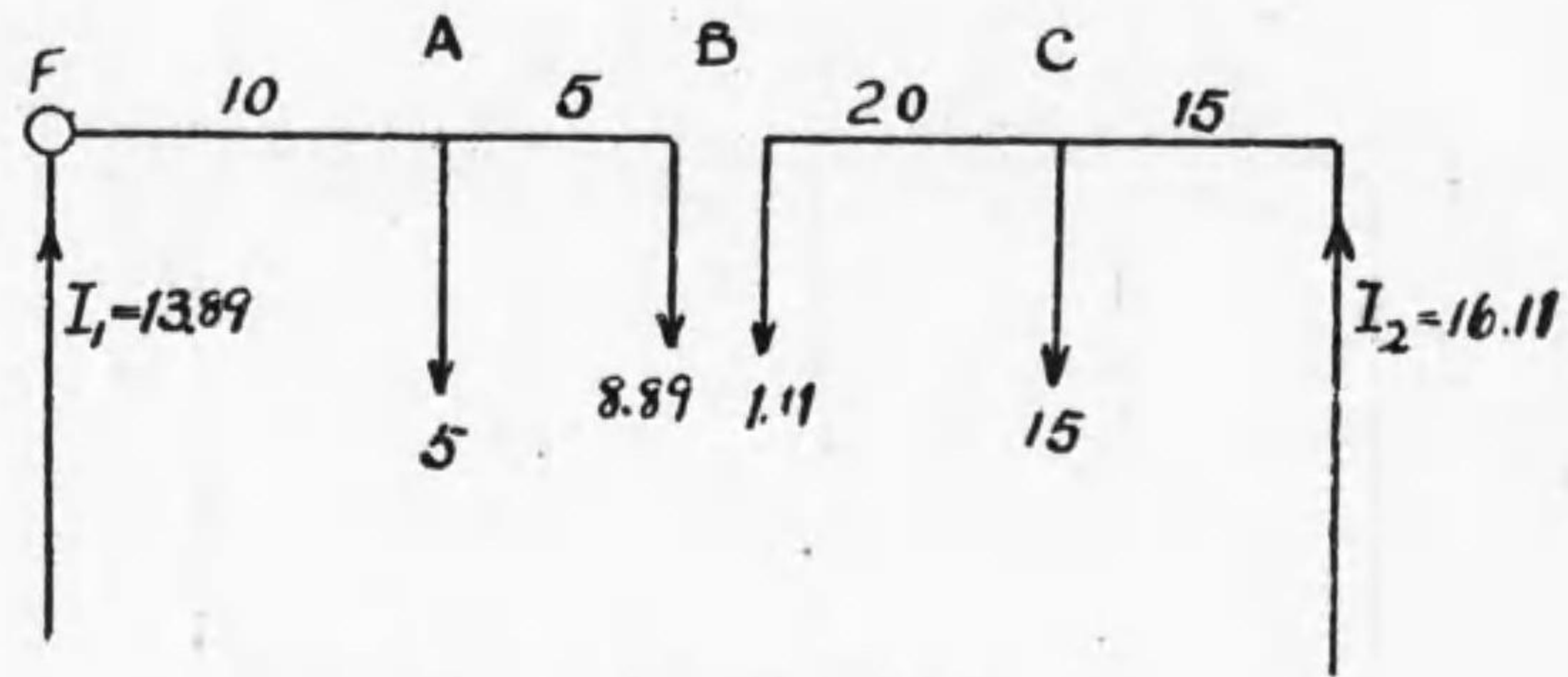
$$I_2 = \frac{181.25}{11.25} = 16.11$$

或は
$$I_2 = \frac{\sum i \rho}{\rho} = \frac{\left(\frac{5 \times 10}{K4} + \frac{1}{K} \times \frac{10 \times 15}{4} + \frac{15 \times 35}{K \times 4} \right)}{\frac{1}{K} \left(\frac{35}{4} + \frac{15}{6} \right)} = 16.11 \text{ amp.}$$

$$I_1 = 30 - 16.11 = 13.89$$

故に配電線は次の如く分つ事を得。

従つて最大電壓降下は

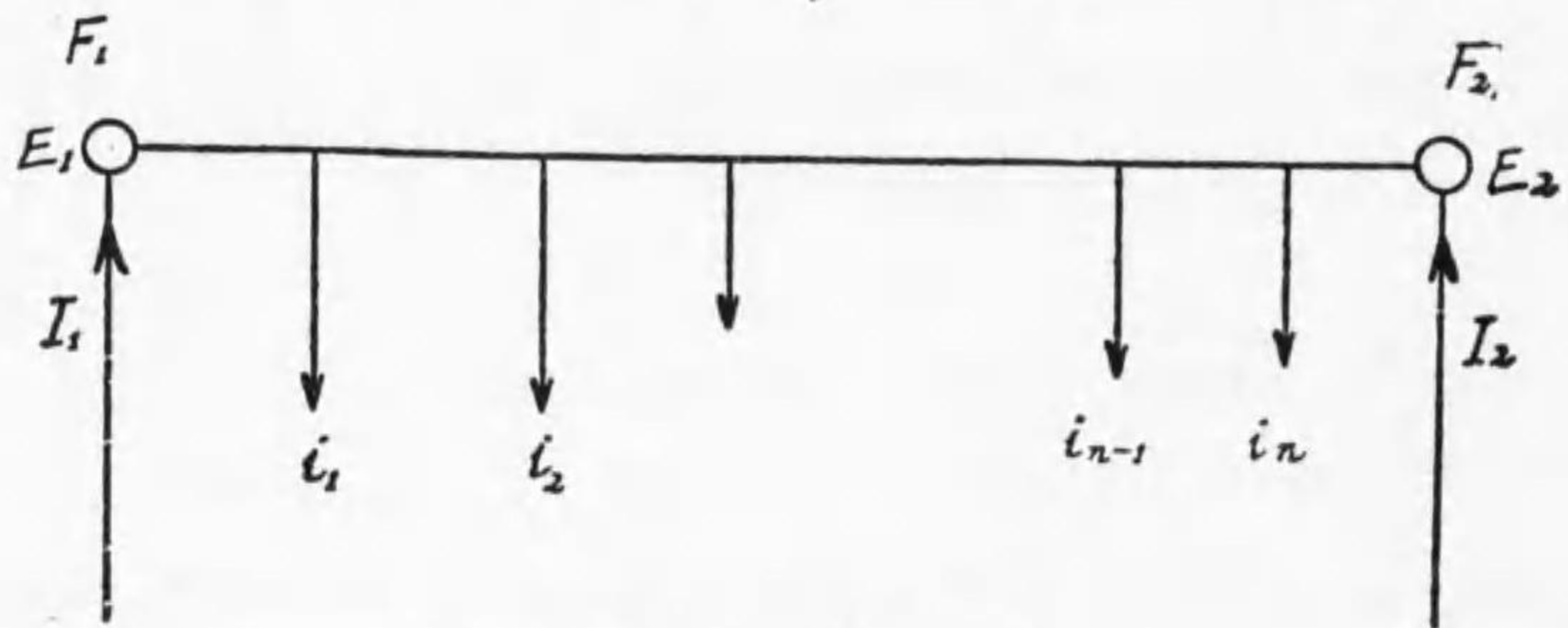


第 79 圖 例題附圖

$$\frac{\epsilon_B}{2} = \frac{1}{Kq} \left\{ 10 \times (5 + 8.89) + 5 \times 8.89 \right\} = \frac{183.35}{57 \times 4} = 0.8047$$

or $\epsilon_B = 1.61 \text{ V}$ // (前の場合には $\epsilon_C = 1.905 \text{ V}$ //)

(b) 兩饋電點の電壓の異なる場合 饋電點 (F_1) の電壓を E_1 , (F_2) の電壓を E_2 とし前同様に ($-I_2$) が (F_2) より出るものと考えよ。



第 80 圖 例題附圖

$$\frac{E_1 - E_2}{2} = \frac{\epsilon_{F_1 - F_2}}{2} = i_1 \rho_1 + i_2 \rho_2 + \dots + i_{n-1} \rho_{n-1} + i_n \rho_n - I_2 \rho$$

$$I_2 = \frac{E_2 - E_1}{2\rho} + \frac{i_1 \rho_1 + i_2 \rho_2 + \dots + i_n \rho_n}{\rho}$$

同様に

$$I_1 = \frac{E_1 - E_2}{2\rho} + \frac{\sum_n^1 i \rho}{\rho} \quad \dots \dots \dots (6)$$

異なる断面積を有する場合には

$$I_2 = \frac{K}{2} \times \frac{(E_2 - E_1)}{\sum U} + \frac{\sum i u}{\sum U} \quad \dots \dots \dots (6')$$

$$I_1 = \frac{K}{2} \times \frac{(E_1 - E_2)}{\sum U} + \frac{\sum i u}{\sum U}$$

$\sum U \dots \dots$ は $\frac{l}{q}$ の全体の和なり

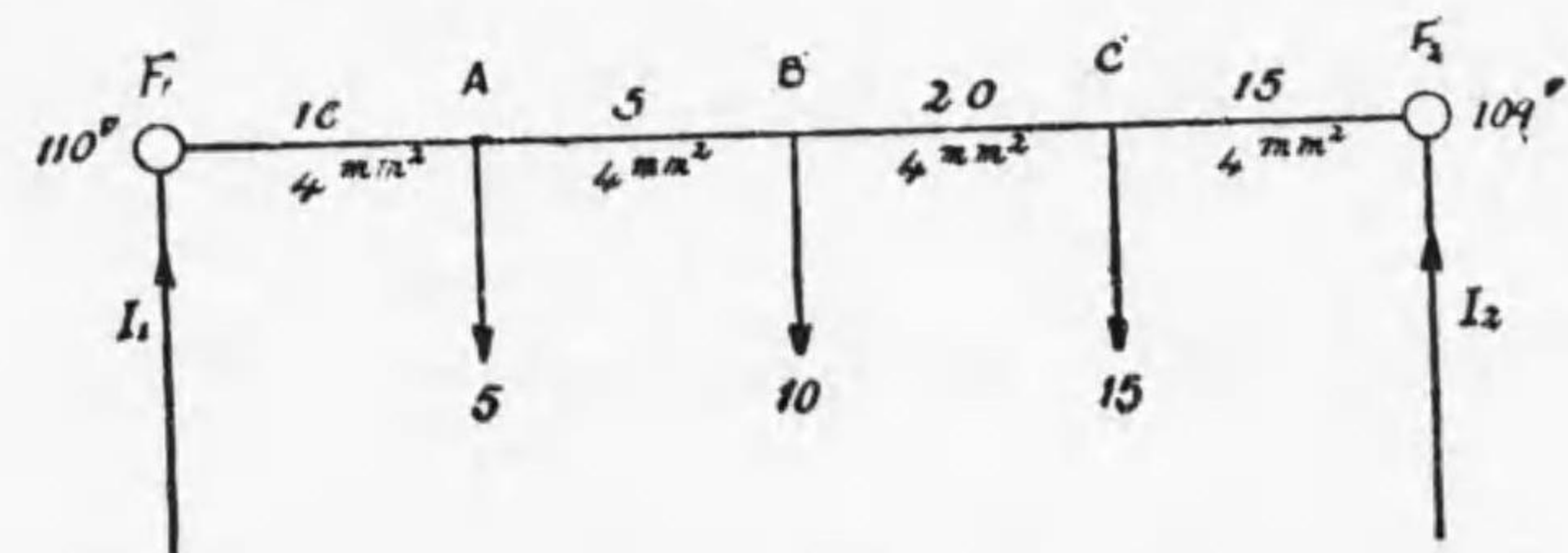
同一断面積を有する場合には

$$I_2 = \frac{Kq}{2} \cdot \frac{E_2 - E_1}{\lambda} + \frac{\sum i \lambda}{\lambda} \quad \dots \dots \dots (6'')$$

$$I_1 = \frac{Kq}{2} \cdot \frac{E_1 - E_2}{\lambda} + \frac{\sum i \lambda}{\lambda}$$

$\lambda \dots \dots$ は全片線の長さなり

例題 (1) 第 81 圖に於て F_1 及び F_2 點の電壓は 110 V 及び 109 V なり, I_1, I_2 及最大電壓降下を求めよ。圖中の距離は片線の長さとする。



第 81 圖 例題附圖

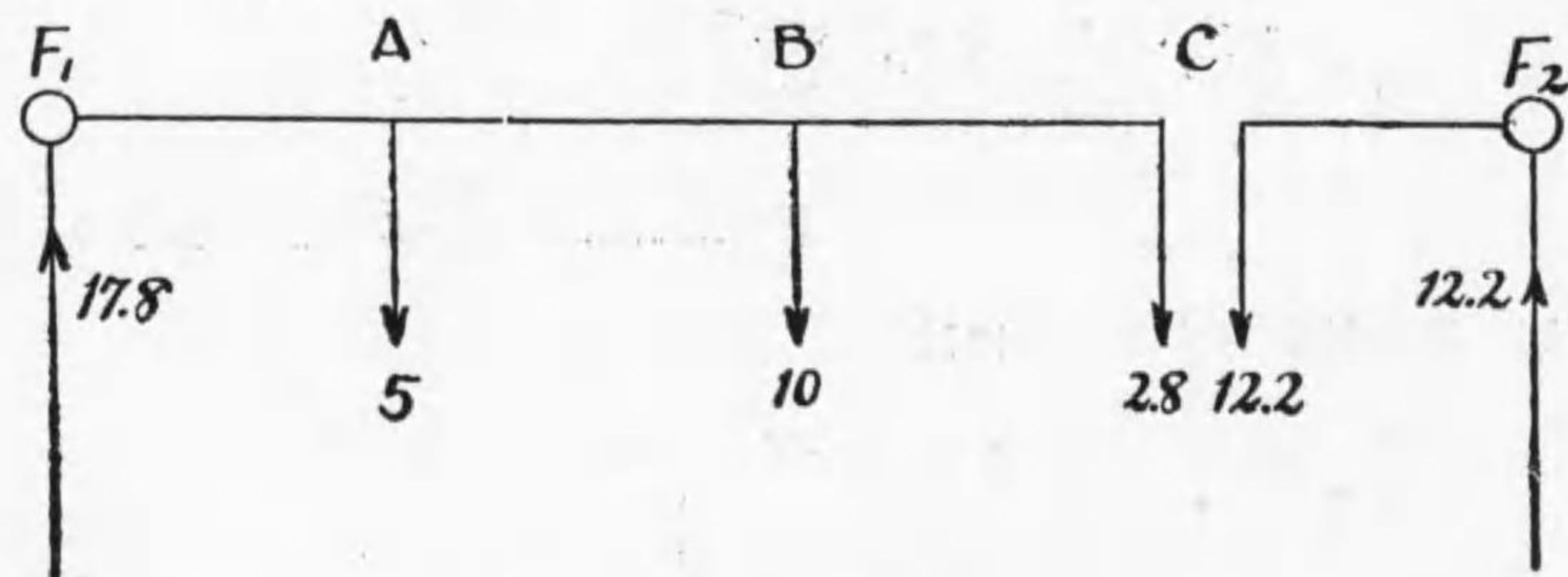
$$\text{解 } I_1 = \frac{57 \times 4}{2} \times \frac{(110-109)}{(10+5+20+15)} + \frac{15 \times 15 + 35 \times 10 + 40 \times 5}{(10+5+20+15)}$$

$$= 2.3 + 15.5 = 17.8$$

$$I_2 = \frac{57 \times 4}{2} \times \frac{(109-110)}{(10+5+20+15)} + \frac{10 \times 5 + 15 \times 10 + 35 \times 15}{(10+5+20+15)}$$

$$= -2.3 + 14.5 = 12.2 \text{ A}$$

$$I_1 + I_2 = 30$$



第 8 2 圖 例題附圖

最大電壓降下

$$\frac{\epsilon_c}{2} = \frac{1}{Kq} (15 \times 12.2) = \frac{1}{57 \times 4} \times 15 \times 12.2 = 0.8$$

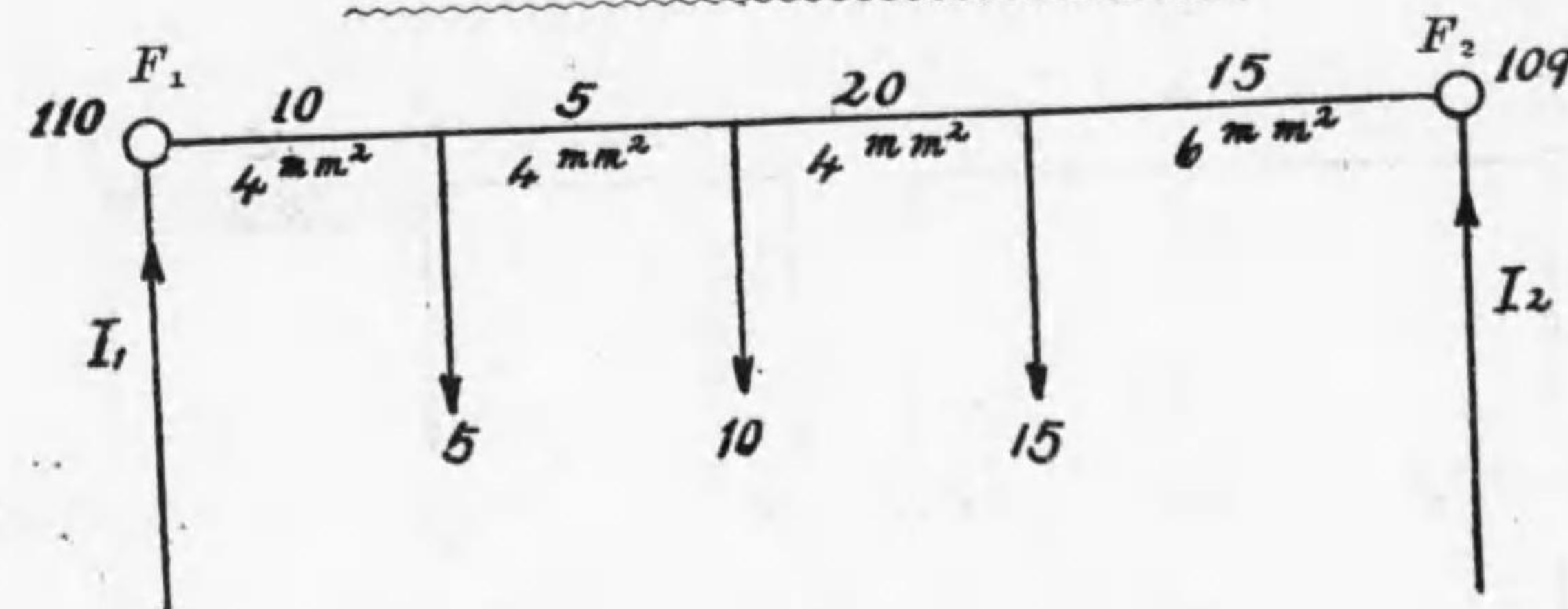
$$\epsilon_c = 1.6 \text{ V}$$

例題 (2) 第 83 圖に於て I_1 及び I_2 を求む。

F_1 よりとる

$$u_1 = \frac{10}{4} = 2.5 \quad u_2 = \frac{10}{4} + \frac{5}{4} = 3.75$$

$$u_3 = \frac{10}{4} + \frac{5}{4} + \frac{20}{4} = 8.75$$



第 8 3 圖 例題附圖

$$\sum U = \frac{10+5+20}{4} + \frac{15}{6} = 11.25$$

F_2 よりとる

$$u_4 = \frac{15}{6} = 2.5 \quad u_5 = \frac{20}{4} + \frac{15}{6} = 7.5$$

$$u_2 = \frac{15}{6} + \frac{20}{4} + \frac{5}{4} = 8.75$$

$$I_2 = \frac{57}{2} \left\{ \frac{109-110}{\sum U} \right\} + \frac{\sum iu}{\sum U} \quad I_1 = \frac{57}{2} \left\{ \frac{110-109}{\sum U} \right\} + \frac{\sum iu}{\sum U}$$

$$\sum_1^n iu = 2.5 \times 5 + 3.75 \times 10 + 8.75 \times 15 = 181.25$$

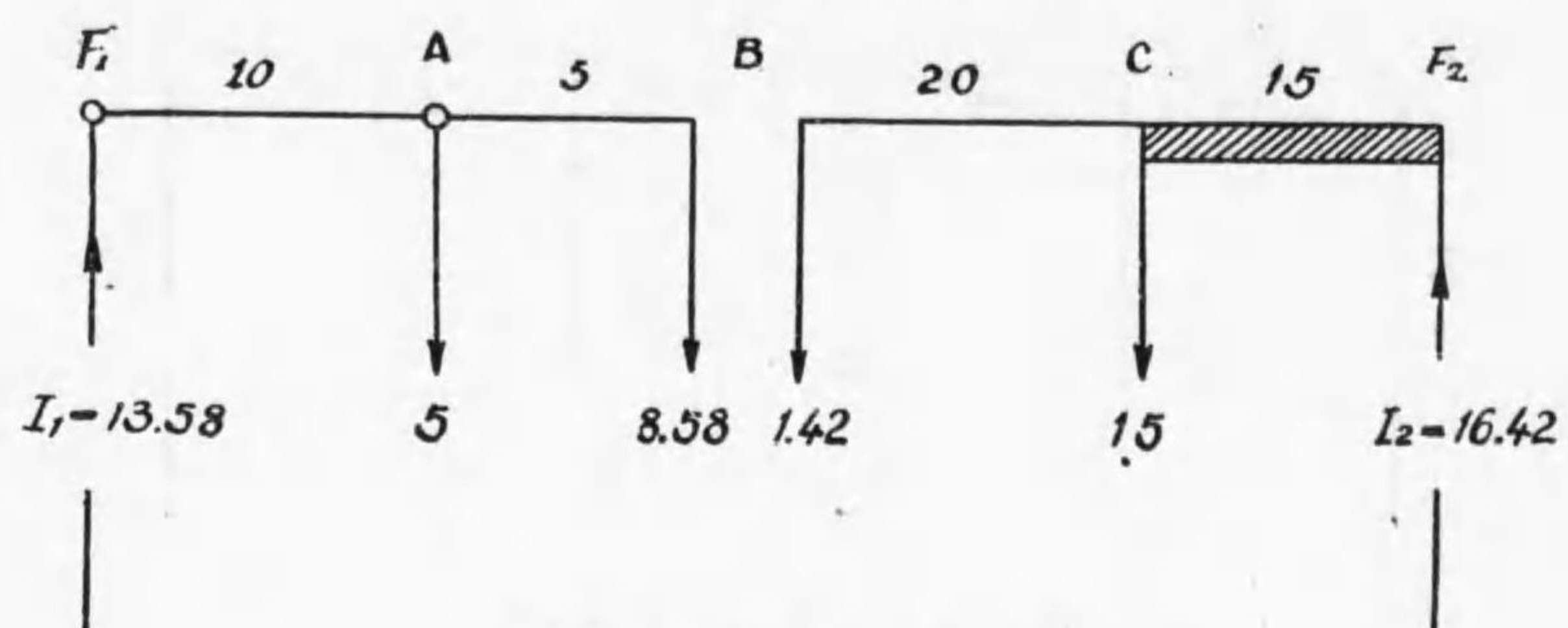
$$\sum_n^1 iu = 2.5 \times 15 + 7.5 \times 10 + 8.75 \times 5 = 156.25$$

$$I_1 = \frac{57}{2} \times \frac{-1}{11.25} + \frac{181.25}{11.25} = -25.3 + 16.11 = -13.58$$

$$I_2 = \frac{57}{2} \times \frac{1}{11.25} + \frac{156.25}{11.25} = +2.53 + 13.89 = 16.42$$

$$I_1 + I_2 = 30 \text{ amp}$$

故に二つに配電線を分ち



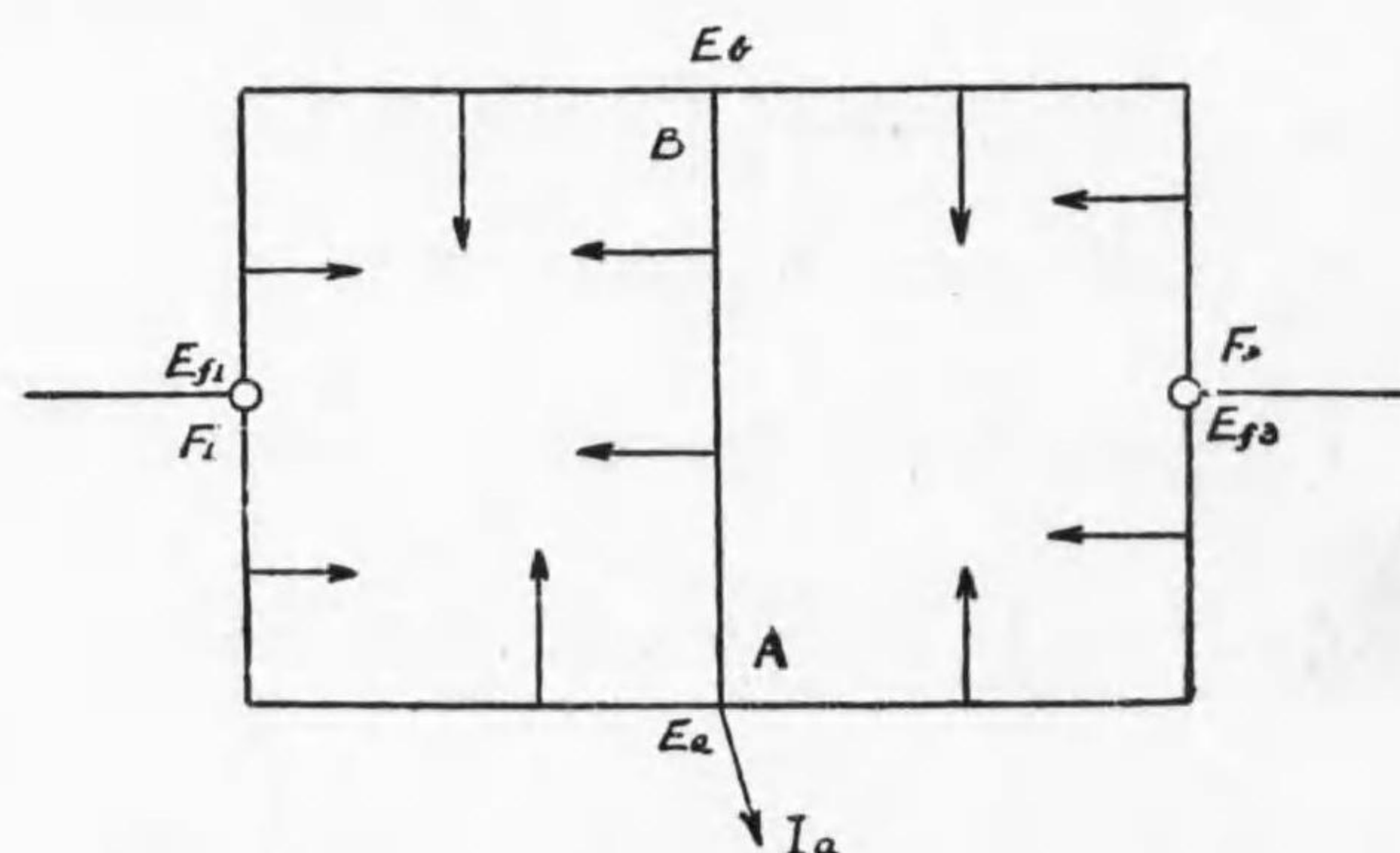
第 8 4 圖 (例題附圖)

B 點の電壓降下は

$$\frac{\epsilon_B}{2} = \frac{1}{Kq} \sum il = \frac{1}{57 \times 4} \{10 \times 5 + 15 \times 8.58\} = 0.784$$

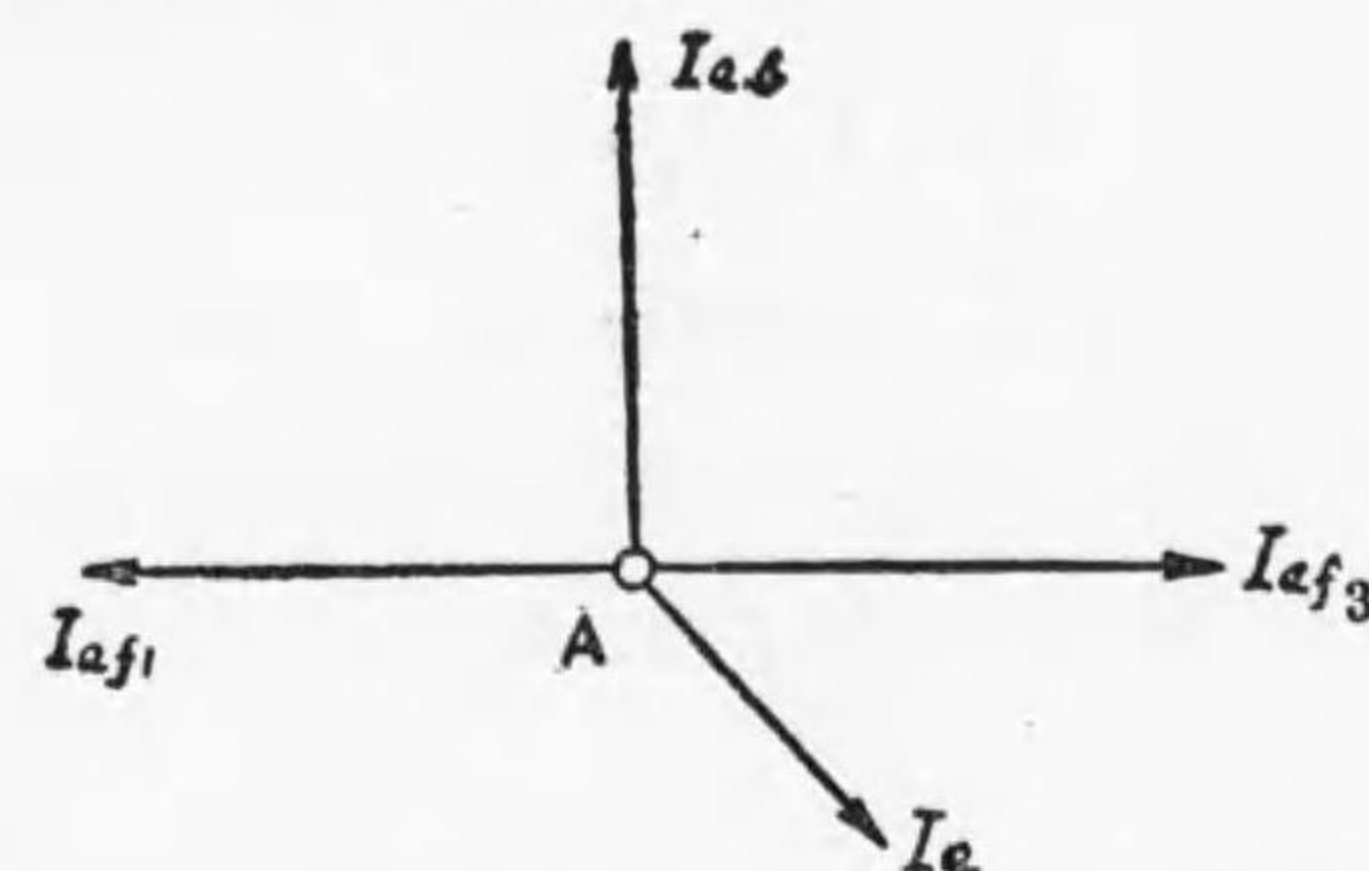
$$\therefore \epsilon_B = 1.568 \text{ V}$$

5. 二つ以上の饋電點及び多くの交叉點を有する直流回路



第 8 5 圖 數個所の饋電點及交叉點を有する回路

\$F_1, F_2\$ 點を饋電點とす
A に於ける電流は次の如し



第 8 6 圖 第 85 圖 A に於ける電流

此電流の和は零にして即ち

$$I_a + I_{af1} + I_{ab} + I_{af3} = 0$$

故に

$$I_{af1} = \frac{E_a - E_{f1}}{2\rho_{af1}} + \frac{\sum \hat{i}\rho}{\rho_{af1}}$$

$$I_{ab} = \frac{E_a - E_b}{2\rho_{ab}} + \frac{\sum \hat{i}\rho}{\rho_{ab}}$$

$$I_{af3} = \frac{E_a - E_{f3}}{2\rho_{af3}} + \frac{\sum \hat{i}\rho}{\rho_{af3}}$$

$$I_a = I_a \quad (+)$$

$$0 = \frac{E_a - E_{f1}}{2\rho_{af1}} + \frac{E_a - E_b}{2\rho_{ab}} + \frac{E_a - E_{f3}}{2\rho_{af3}} + \frac{\sum \hat{i}\rho}{\rho_{af1}} + \frac{\sum \hat{i}\rho}{\rho_{ab}} + \frac{\sum \hat{i}\rho}{\rho_{af3}} + I_a$$

$$\frac{E_{f1} - E_a}{2\rho_{af1}} + \frac{E_b - E_a}{2\rho_{ab}} + \frac{E_{f3} - E_a}{2\rho_{af3}} = \frac{\sum \hat{i}\rho}{\rho_{af1}} + \frac{\sum \hat{i}\rho}{\rho_{ab}} + \frac{\sum \hat{i}\rho}{\rho_{af3}} + I_a$$

$$\frac{E_{f1} - E_a}{2} = \epsilon_{f1a}; \quad \frac{E_b - E_a}{2} = \epsilon_{ba}; \quad \frac{E_{f3} - E_a}{2} = \epsilon_{f3a}; \quad \text{とすれば}$$

$$\frac{\epsilon_{f_1 a}}{\rho_{af_1}} + \frac{\epsilon_{ba}}{\rho_{ab}} + \frac{\epsilon_{f_3 a}}{\rho_{af_3}} = I_a + \sum_{(A)}^{F_1, B, F_3} \frac{\sum \hat{i} \rho}{\rho} \dots\dots\dots(7)$$

$\sum_{(A)}^{F_1, B, F_3} \frac{\sum \hat{i} \rho}{\rho}$ は A 点より AF_1 ; AB , 及び AF_3 の間に於て $\frac{\sum \hat{i} \rho}{\rho}$ を加ふる事を意味す。 $\sum \hat{i} \rho$ は反対側から A に向つて、力學に於けるモーメントを取る様に、電流と反対側の点より抵抗を乗ぜしものの和なり。若し F_1, F_3 の二点が同一電壓の饋電点なりとせば、

$$\epsilon_{f_1 a} = \epsilon_{f_3 a}$$

$$\epsilon_{f_1 a} \left(\frac{1}{\rho_{af_1}} + \frac{1}{\rho_{af_3}} \right) + \frac{\epsilon_{ba}}{\rho_{ab}} = I_a + \sum_{(A)}^{F_1, B, F_3} \frac{\sum \hat{i} \rho}{\rho}$$

$$\begin{aligned} \epsilon_{fa} &= \frac{E_b - E_a}{2} - \frac{E_a}{2} = -\left(\frac{E_{f_1} - E_b}{2} \right) + \left(\frac{E_{f_1} - E_a}{2} \right) \\ &= -\epsilon_{f_1 b} + \epsilon_{f_1 a} \end{aligned}$$

$$\therefore \epsilon_{f_1 a} \left(\frac{1}{\rho_{af_1}} + \frac{1}{\rho_{af_3}} + \frac{1}{\rho_{ab}} \right) = I_a + \frac{\epsilon_{f_1 b}}{\rho_{ab}} + \sum_{(A)}^{F_1, B, F_3} \frac{\sum \hat{i} \rho}{\rho}$$

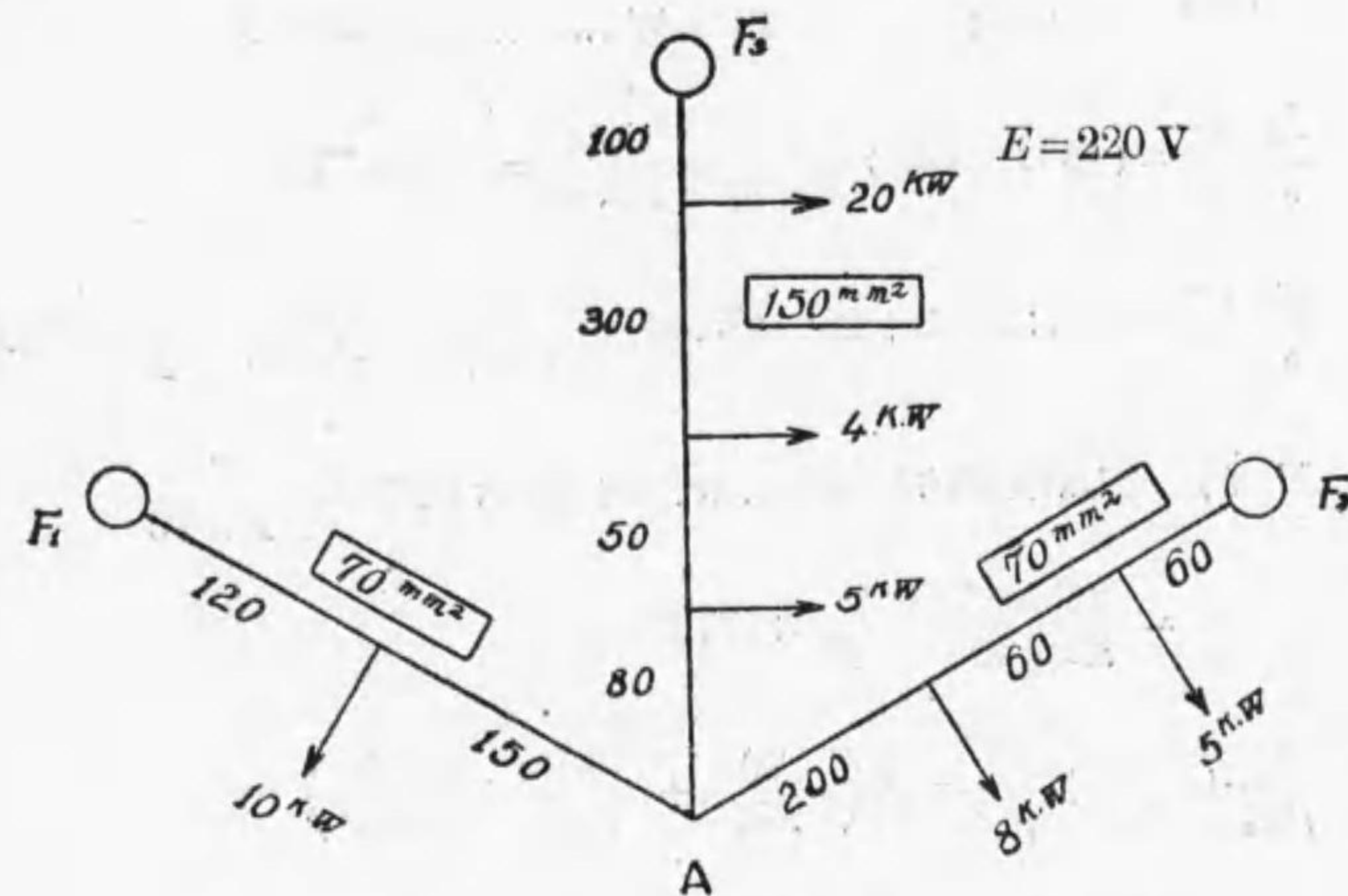
$$\epsilon_{f_1 a} \times \sum_a^{f_1, f_3, b} \frac{1}{\rho} = \dots\dots\dots''$$

$$\epsilon_{f_1 a} = \frac{I_a + \frac{\epsilon_{f_1 b}}{\rho_{ab}} + \sum_{(A)}^{F_1, B, F_3} \frac{\sum \hat{i} \rho}{\rho}}{\sum_a^{f_1, f_3, b} \frac{1}{\rho}} \dots\dots\dots(7)$$

若し $E_f = E_b$
 $\epsilon_{f_1 b} = 0$
 $\epsilon_{f_1 a} = \frac{I_a + \sum_{(A)}^{F_1, B, F_3} \frac{\sum \hat{i} \rho}{\rho}}{\sum_a^{f_1, f_3, b} \frac{1}{\rho}} \dots\dots\dots(7)'$

例題 (1) 第 87 圖に於て電壓降下の最大なる點及其電壓降下を求む。

距離は片線の長さとする。但し饋電點は F_1, F_2, F_3 にして其電壓は 200 V なり。



第 87 圖 例題附圖

解 (7) の式を用ひ先づ A 點の電壓を求む。

$$\frac{\epsilon_{f_1 a}}{\rho_{af_1}} + \frac{\epsilon_{f_2 a}}{\rho_{af_2}} + \frac{\epsilon_{f_3 a}}{\rho_{af_3}} = \sum_{(A)}^{F_1, F_2, F_3} \frac{\sum \hat{i} \rho}{\rho}$$

$$E_{f_1} = E_{f_2} = E_{f_3} \quad \therefore \epsilon_{f_1 a} = \epsilon_{f_2 a} = \epsilon_{f_3 a}$$

$$\therefore \epsilon_{f_1 a} \left\{ \frac{1}{\rho_{af_1}} + \frac{1}{\rho_{af_2}} + \frac{1}{\rho_{af_3}} \right\} = \frac{\sum_a^{f_1} \hat{i} \rho}{\rho_{af_1}} + \frac{\sum_a^{f_2} \hat{i} \rho}{\rho_{af_2}} + \frac{\sum_a^{f_3} \hat{i} \rho}{\rho_{af_3}}$$

$$\epsilon_{f_1 a} = \frac{1}{\frac{1}{\rho_{af_1}} + \frac{1}{\rho_{af_2}} + \frac{1}{\rho_{af_3}}} \times \left\{ \frac{\sum_a^{f_1} \hat{i} \rho}{\rho_{af_1}} + \frac{\sum_a^{f_2} \hat{i} \rho}{\rho_{af_2}} + \frac{\sum_a^{f_3} \hat{i} \rho}{\rho_{af_3}} \right\}$$

$$\rho_{af_1} = \frac{270}{K \times 70} \quad \begin{array}{l} 4 \text{ k.W.} \dots\dots\dots 18.18 \text{ A} \\ 5 \text{ k.W.} \dots\dots\dots 22.73 \text{ A} \end{array}$$

$$\rho_{af_2} = \frac{320}{K \times 70} \quad 8 \text{ k.W.} \dots\dots\dots 36.36 \text{ A}$$

$$10 \text{ k.W.} \dots\dots\dots 45.45 \text{ A}$$

$$\rho_{af_3} = \frac{530}{K \times 150} \quad 20 \text{ k.W.} \dots\dots\dots 90.91 \text{ A}$$

$$\sum_a^{f_1} \widehat{i\rho} = (120 \times 45.45) \frac{1}{K \times 70} = \frac{5454}{K \times 70} = \frac{1}{K} \times 77.9$$

$$\sum_a^{f_2} \widehat{i\rho} = (60 \times 22.73 + 120 \times 36.36) \times \frac{1}{K \times 70} = \frac{5727}{K \times 70} = \frac{1}{K} \times 81.81$$

$$\begin{aligned} \sum_a^{f_3} \widehat{i\rho} &= (100 \times 90.91 + 400 \times 18.18 + 450 \times 22.73) \times \frac{1}{K \times 70} \\ &= \frac{26591.5}{K \times 150} = \frac{1}{K} \times 177.3 \end{aligned}$$

$$\frac{1}{\rho_{af_1}} + \frac{1}{\rho_{af_2}} + \frac{1}{\rho_{af_3}} = K \left(\frac{70}{270} + \frac{70}{320} + \frac{150}{530} \right)$$

$$= K(0.257 + 0.219 + 0.283) = K \times 0.761$$

$$\frac{\sum_a^{f_1} \widehat{i\rho}}{\rho_{af_1}} = 77.9 \times 0.259 = 20.2$$

$$\frac{\sum_a^{f_2} \widehat{i\rho}}{\rho_{af_2}} = 81.8 \times 0.219 = 17.9$$

$$\frac{\sum_a^{f_3} \widehat{i\rho}}{\rho_{af_3}} = 177.3 \times 0.283 = 50.2$$

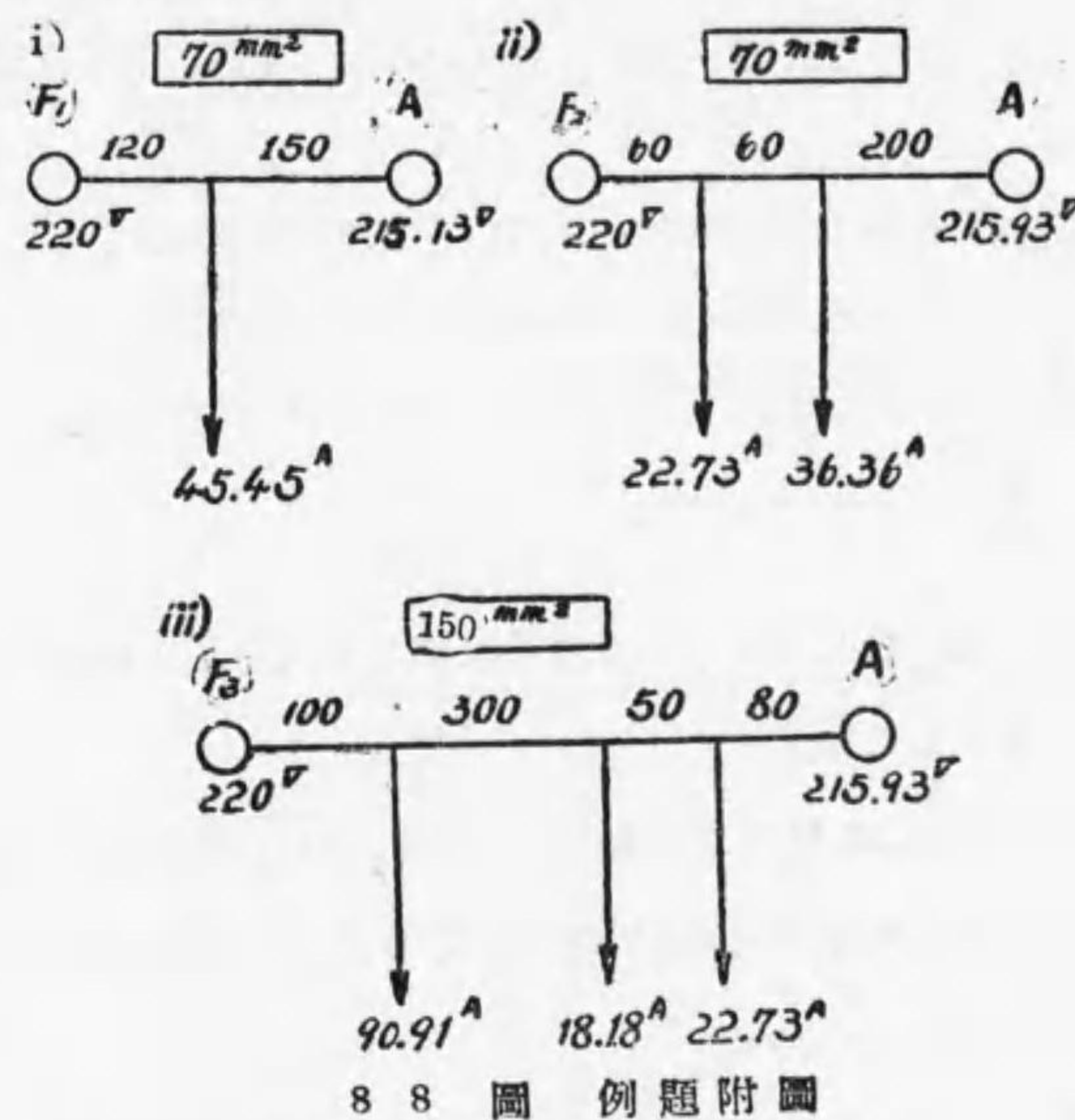
$$+ \frac{88.3}{88.3}$$

$$\therefore \varepsilon_{f_1 a} = \frac{88.3}{57 \times 0.761} = \frac{88.3}{43.377} = 2.036$$

$$\frac{E_{f_1} - E_a}{2} = 2.036 \quad 220 - E_a = 4.072$$

$$E_a = 220 - 4.072 = 215.93 \text{ V}$$

次に三つの両端より供給せらるゝ配電線に置き換へ、電壓降下の最大なるものを見出せば可なり。



88 圖 例題附圖

(6'') 式によりて A より流出する電流を求む。

$$I_{af_1} = \frac{57 \times 70}{2} \times \frac{215.93 - 220}{270} + \frac{120 \times 45.45}{270}$$

$$= \frac{1}{270} (-57 \times 70 \times 2.036 + 120 \times 45.45)$$

$$= \frac{1}{270} (-8124 + 5454) = -\frac{1}{270} \times 2670 = -9.89 \text{ A}$$

$$I_{af_2} = \frac{57 \times 70}{2} \times \frac{215.93 - 220}{320} + \frac{60 \times 22.73 + 120 \times 36.36}{320}$$

$$= \frac{1}{320} (-57 \times 70 \times 2.036 + 60 \times 22.73 + 120 \times 36.36)$$

$$= \frac{1}{320}(-8124 + 5729.4) = -\frac{2394.6}{320} = -7.48$$

$$I_{af_3} = \frac{57 \times 150}{2} \times \frac{215.93 - 220}{530} + \frac{100 \times 90.91 + 400 \times 18.18 + 450 \times 22.73}{530}$$

$$= \frac{1}{530}(-57 \times 150 \times 2.036 + 9091 + 7272 + 10228.5)$$

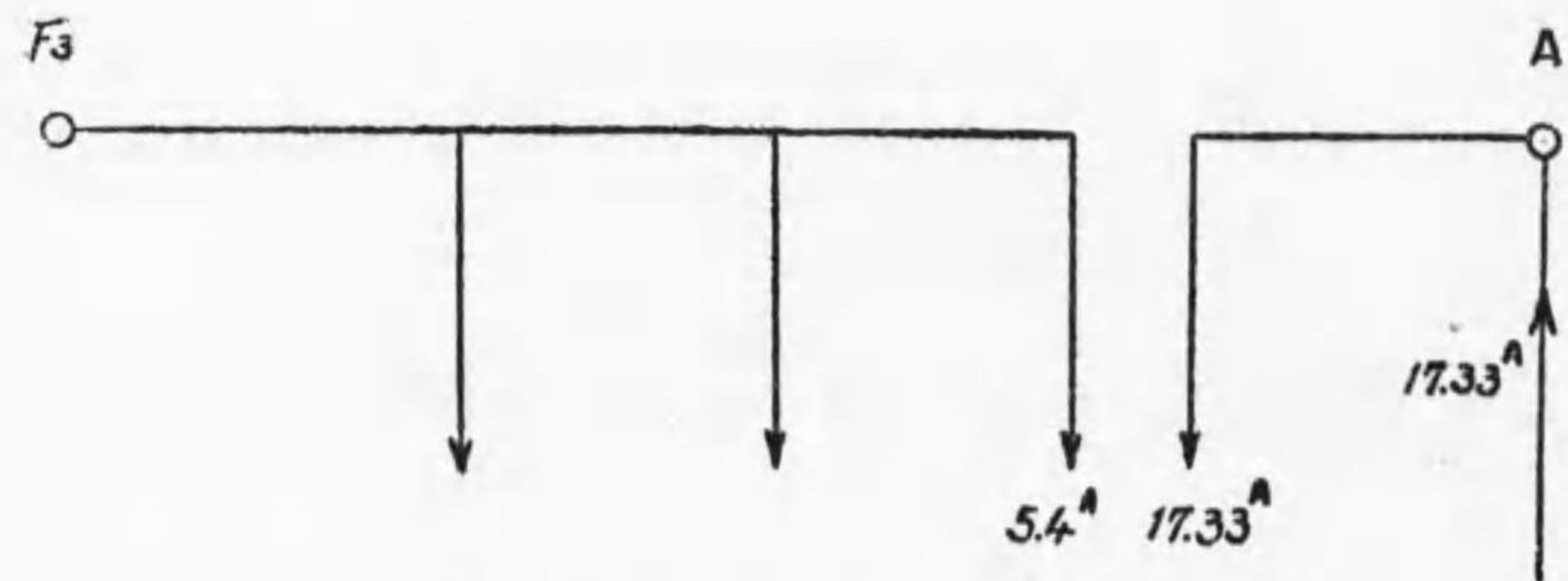
$$= \frac{1}{530}(-17407.8 + 26591.5)$$

$$= +\frac{1}{530} \times 9183.7 = 17.33$$

此三電流は一點に會し凡て、Aより外に出る方向を正と取れる故、此合は零ならざるべからず。

即ち $9.89 + 7.48 = 17.37$ は最後の數 I_{af_3} に等しからざるべからず。然るに I_{af_3} は 17.33 にして此の誤差約 0.3% なり。之れ四捨五入によりて生ぜる運算上の誤差なり。

此結線を見ると、Aより流出する所は F_3 に向ふ配電線のみなれば、此中に最大電壓降下の點存す可し。而して此の場所は 5kW の負荷に存す。



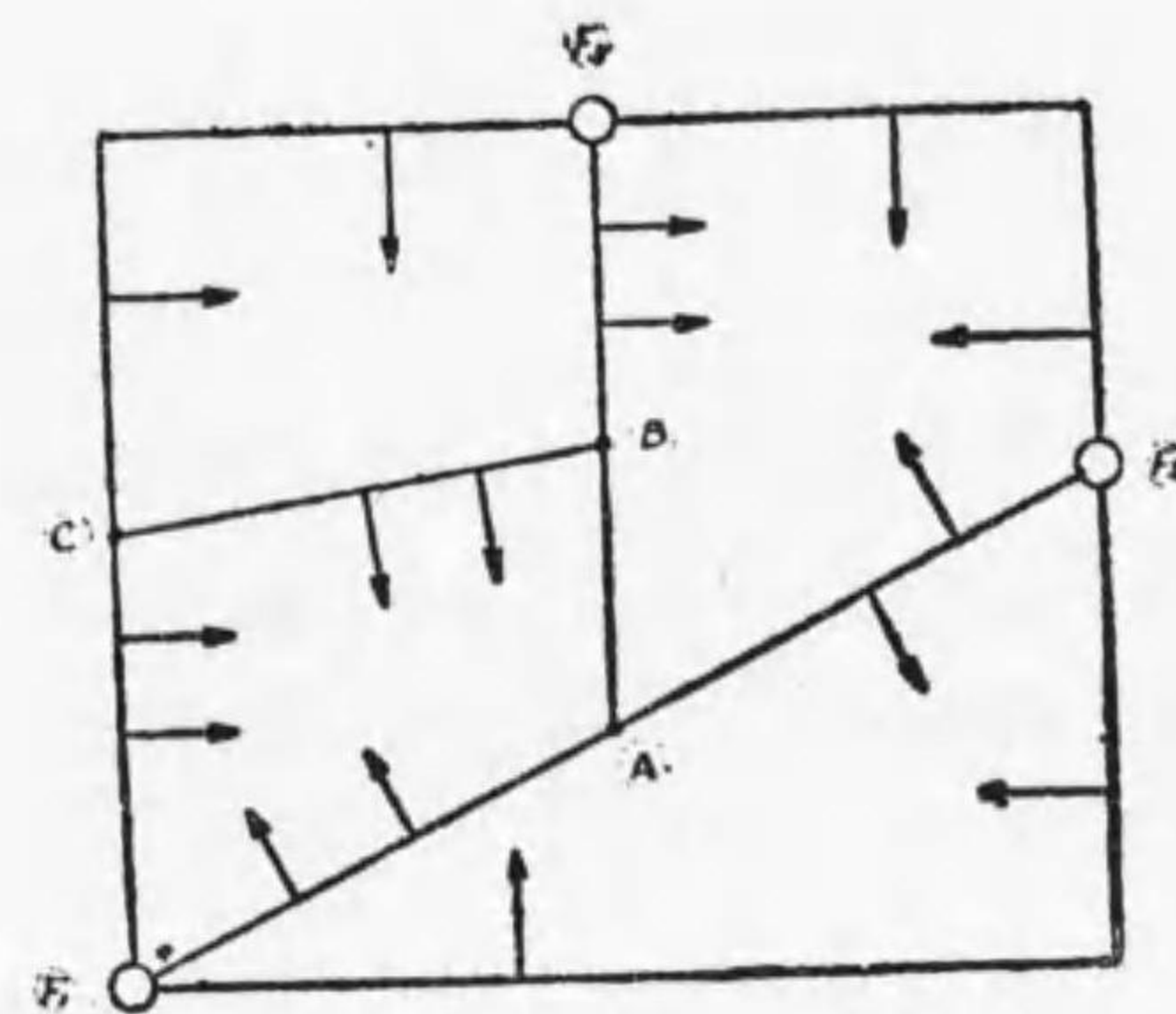
第 89 圖 例題附圖

A 點よりの電壓降下は $\varepsilon_A = \frac{2 \times 80 \times 17.33}{57 \times 150} = 0.324 \text{ volt}$

故に饋電點よりの電壓降下は $4.072 + 0.324 = 4.396 \sim 4.4 \text{ V}$

即ち $\frac{4.4}{220} = 2\%$ なり。

例題 (2) 第90圖の如き配電網に於て A B 及び C 點の電壓を求む。 F_1, F_2, F_3 は饋電點にして同一の電壓とし、各斷面積は與へられ居るものとす。



第 90 圖 例題附圖

解 (A) ; $\frac{\varepsilon_{f_1a}}{\rho_{af_1}} + \frac{\varepsilon_{f_2a}}{\rho_{af_2}} + \frac{\varepsilon_{ba}}{\rho_{ab}} = \frac{F_1BF_2}{\sum_{(a)} i \rho} \dots\dots\dots(A)$

(B) ; $\frac{\varepsilon_{ab}}{\rho_{ab}} + \frac{\varepsilon_{cb}}{\rho_{cb}} + \frac{\varepsilon_{f_3b}}{\rho_{f_3b}} = \frac{ACF_3}{\sum_{(b)} i \rho} \dots\dots\dots(B)$

(C) ; $\frac{\varepsilon_{f_1c}}{\rho_{f_1c}} + \frac{\varepsilon_{f_3c}}{\rho_{f_3c}} + \frac{\varepsilon_{bc}}{\rho_{bc}} = \frac{F_1BF_3}{\sum_{(c)} i \rho} \dots\dots\dots(C)$

$$\varepsilon_{ab} = \frac{E_A - E_B}{2} = \frac{-(E_F - E_A) + (E_F - E_B)}{2} = -\varepsilon_{fa} + \varepsilon_{fb} \dots (D)$$

$$= -\varepsilon_{fc} + \varepsilon_{fb}$$

∴ (A) (B) 及 (C) の式に (D) の値を入れるれば未知のものは ε_{fa} , ε_{fb} 及び ε_{fc} の三つなり。而して方程式は亦三つあり。故に解く事を得可し。

第四章 交流配電線路

1. 一端のみより饋電せられたる交流回路

交流回路に於ては直流と異り、熱を生ずる抵抗即オーミックレジスタンスの外に、自己誘導、静電容量なるもの存在し、抵抗を與ふるものなり。配電線に於ては電壓低きが爲、線路の静電容量は無視し得べし。線路の自己誘導は、計算を簡略にする爲に或場合には無視すれども、考慮すべきものとす。例へば線間距離 1m 電線半径 4mm なる配電線あり、そのリアクタンスを見出せば、

$$L = \frac{1}{10^4} (4.6 \log_{10} \frac{d}{r} + 0.5) \mu / \text{km} / \text{single conductor}$$

r は導體の半径を cm にて表はせるもの

d は線中心の距離を cm にて表はせるものなり

$$d = 1\text{m} = 100\text{cm}$$

$$r = 4\text{mm} = 0.4\text{cm}$$

$$L = \frac{1}{10^4} (4.6 \log_{10} \frac{100}{0.4} + 0.5)$$

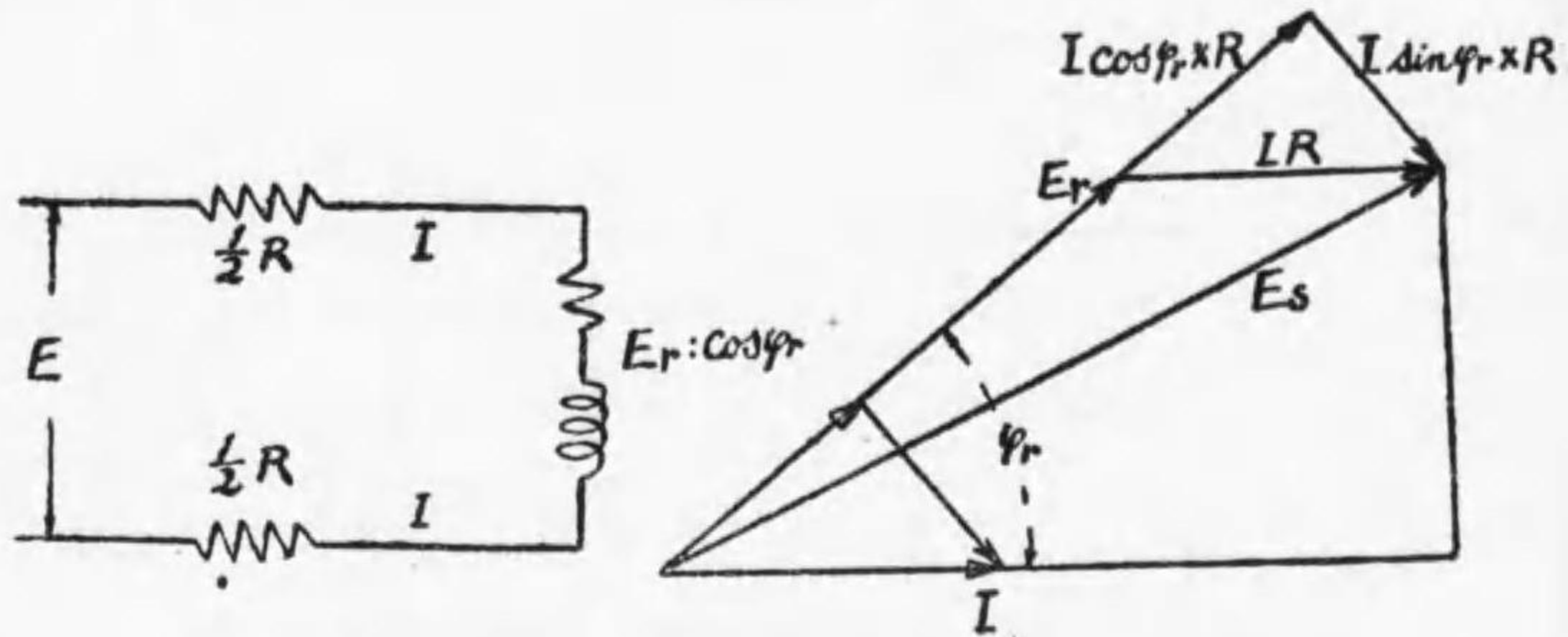
$$= \frac{1}{10^4} (4.6 \times \log_{10} 250 + 0.5)$$

$$= \frac{1}{10^4} (4.6 \times 2.3979 + 0.5)$$

$$= \frac{1}{10^4} (11.5 + 0.5) = \frac{1}{10^4} (12) = 0.0012 \mu /$$

周波數 50 サイクルとせば

$E_s - E_r = RI \cos \phi_r + XI \sin \phi_r$ なり。之を等しとせる爲に生ずる誤差の程度を知らんとす。簡単の爲先づ配電線はオーミック抵抗のみと考ふ。



第 9 3 圖 抵抗のみの回路及ベクトル圖

$$E_s^2 = (E_r \cos \phi_r + IR)^2 + (E_r \sin \phi_r)^2$$

$$= E_r^2 + 2E_r IR \cos \phi_r + I^2 R^2$$

$$E_s = \sqrt{(E_r + IR)^2 - 2E_r IR (1 - \cos \phi_r)} \dots (a)$$

$$= \sqrt{(E_r + IR \cos \phi_r)^2 + I^2 R^2 (1 - \cos^2 \phi_r)} \dots (b)$$

$$\therefore E_r + IR \cos \phi_r < E_s < E_r + IR$$

$$IR \cos \phi_r < \epsilon < IR$$

之の式に於て E_s 又は ϵ が左右何れかに等しと置いて生ずる誤差の大小は、此の(a)(b)平方根内の第二項の絶対値が大なるか小なるかに依て定る。

$$\text{即ち } 2E_r IR (1 - \cos \phi_r) \cong I^2 R^2 (1 - \cos^2 \phi_r)$$

$$2E_r \cong IR (1 + \cos \phi_r)$$

通常 IR は E_r の 2% - 5% なれども 10% と取り $\cos \phi_r = 1$ とし、ても右邊は左邊の 10% にして非常に小なり

$$\therefore \epsilon = IR \cos \phi_r \text{ とする方實際に近し。}$$

(b) 式に於て E_s^2 を求むるに際し第二項を省略せる爲に生ずる誤差は

$$\frac{I^2 R^2 (1 - \cos^2 \phi_r)}{E_r^2 + 2IR E_r \cos \phi_r + I^2 R^2}$$

にして此の値は $\cos \phi_r$ の大なる程小にして

$$E_r = 200V; \quad IR = \frac{E_r}{100} \times 5 = 10V; \quad \cos \phi = 0.7$$

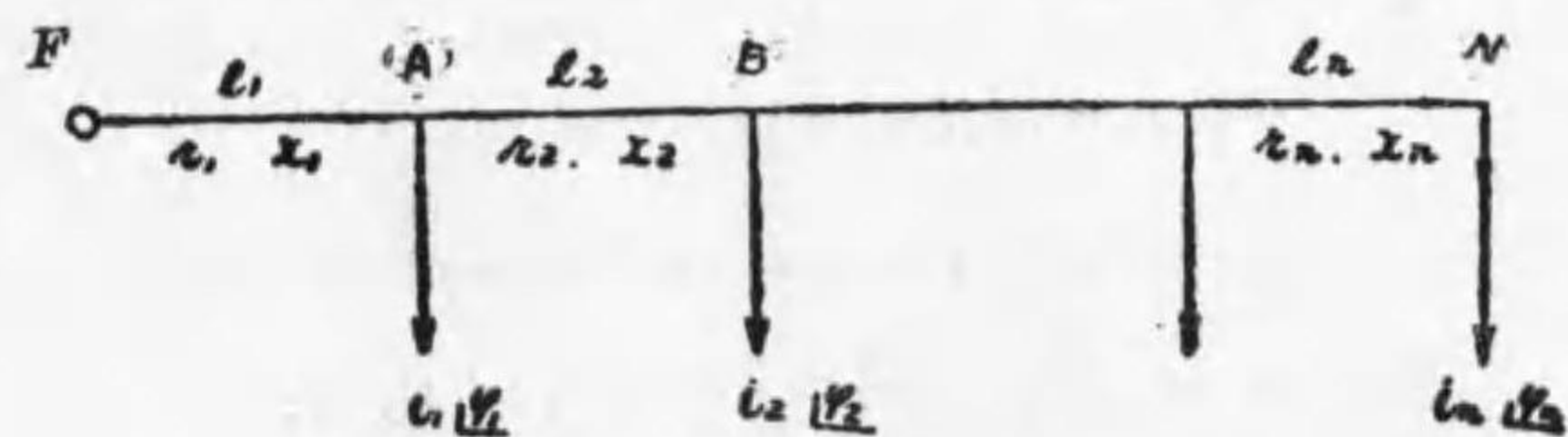
とせば其誤差は約 0.126% なり。

同一條件にして $E_r = 100V$ とせば $IR = 5V$ となり誤差は 0.12% なり。故に實際の計算には $\epsilon = IR \cos \phi_r$ とし大差なし。電壓降下は約 4.5% の大にして其の差は約 0.6% なり。 $P.f = 0.9$ の中は $25^\circ 15'$ 、 $P.f = 0.7$ の中 $45^\circ 14'$ なり。

而して $\frac{\cos(25^\circ 41')}{\cos(45^\circ 50')} = \frac{0.901}{0.697}$ にして 0.42 - 0.11% の差あるにすぎず。故に配電線に於ては、實際上各負荷の端に掛る電壓は、同相にあるものとして支障なし。亦前述の如く E_r と E_s との位相差甚だ小なる爲に、電壓降下は $I \cos \phi$ によるオーミック抵抗による降下と、 $I \sin \phi$ のリアクティブ降下の和に等しとして大差なし。即 1 km の抵抗を r 、リアクタンスを x とし負荷の力率を $\cos \phi$ とせば

$$E_s \cong E_r + r \cdot 2l \cdot I \cos \phi + x \cdot 2l \cdot I \sin \phi \text{ なり。}$$

電壓降下は $r \cdot 2l \cdot I \cos \phi + x \cdot 2l \cdot I \sin \phi$ となる。



第 9 4 圖 交流配電線

一般に圖の如き負荷の掛れる時は(圖中距離は片線の長さを示す)電流を二つに分つ。

$$\begin{aligned} wi_1 &= i_1 \cos \varphi_1 & ii_1 &= i_1 \sin \varphi_1 \\ wi_2 &= i_2 \cos \varphi_2 & ii_2 &= i_2 \sin \varphi_2 \\ wi_n &= i_n \cos \varphi_n & ii_n &= i_n \sin \varphi_n \end{aligned}$$

而して $r.l = m; x.l = n$ と置く

FA 間を流るゝ電流は(饋電点を F とす)

$$\dots I_1 = wi_1 + wi_2 + wi_3 + \dots + wi_n - j(ii_1 + ii_2 + ii_3 + \dots + ii_n)$$

AB 間の電流は $\dots I_2 = wi_2 + wi_3 + \dots + wi_n - j(ii_2 + \dots + ii_n)$

N 點の電流は $\dots I_n = wi_n - jii_n$

各點間の電壓降下は

$$\frac{\epsilon_{FA}}{2} = m_1(wi_1 + wi_2 + \dots + wi_n) + n_1(ii_1 + ii_2 + \dots + ii_n)$$

$$\frac{\epsilon_{AB}}{2} = m_2(wi_2 + \dots + wi_n) + n_2(ii_2 + \dots + ii_n)$$

$$\frac{\epsilon_{n-1,n}}{2} = m_n wi_n + n_n ii_n$$

∴ 全降下は

$$\frac{\epsilon}{2} = wi_n(m_1 + m_2 + \dots + m_n) + ii_{n-1}(m_1 + m_2 + \dots + m_{n-1})$$

$$+ \dots + wi_2(m_1 + m_2) + wi_1 m_1$$

$$+ ii_n(n_1 + n_2 + \dots + n_n) + ii_{n-1}(n_1 + n_2 + \dots$$

$$+ n_{n-1}) + \dots + ii_2(n_1 + n_2) + ii_1 n_1$$

$$\frac{\epsilon}{2} = wi_n M_n + wi_{n-1} M_{n-1} + \dots + wi_2 M_2 + wi_1 M_1$$

$$+ ii_n N_n + ii_{n-1} N_{n-1} + \dots + ii_2 N_2 + ii_1 N_1$$

$$\text{茲に於ける } M_n = m_1 + m_2 + \dots + m_n \quad m_n = r_n l_n$$

$$N_n = n_1 + n_2 + \dots + n_n \quad n_n = x_n l_n$$

之れ直流の場合と比較せば, M 及び N は ρ に相當するものにして, 交流を電壓に直角の分力と, 同相のものに分ち, 各に就きて ρ の代りに一方は M 一方は N を用ひて計算し合計せば宜し。

$$\text{若し } r_1 = r_2 = r_3 = \dots = r_n \quad x_1 = x_2 = \dots = x_n$$

$$M_n = m_1 + m_2 + \dots + m_n = r(l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_n) = r \lambda_n$$

$$N_n = n_1 + n_2 + \dots + n_n = x(l_1 + l_2 + \dots + l_n) = x \lambda_n$$

$$\frac{\epsilon}{2} = r(wi_n \times \lambda_n + wi_{n-1} \lambda_{n-1} + \dots + wi_2 \lambda_2 + wi_1 \lambda_1)$$

$$+ x(ii_n \times \lambda_n + ii_{n-1} \lambda_{n-1} + \dots + ii_2 \lambda_2 + ii_1 \lambda_1)$$

$$\text{若し } \cos \varphi_1 = \cos \varphi_2 = \dots = \cos \varphi_n = \cos \varphi \quad \text{とせば}$$

$$\frac{\epsilon}{2} = \lambda_n i_n (r \cos \varphi + x \sin \varphi) + \lambda_{n-1} i_{n-1} (r \cos \varphi + x \sin \varphi) +$$

$$+ \lambda_2 i_2 (r \cos \varphi + x \sin \varphi) + \lambda_1 i_1 (r \cos \varphi + x \sin \varphi)$$

$$= (\lambda_n i_n + \lambda_{n-1} i_{n-1} + \dots + \lambda_1 i_1) (r \cos \varphi + x \sin \varphi)$$

$$= \sum_1^n i \lambda \{ r \cos \varphi + x \sin \varphi \}$$

以上の式を集むれば

$$\frac{\epsilon}{2} = \sum_1^n (M w i) + \sum_1^n (N i) \dots \dots \dots (8)$$

$$\frac{\epsilon}{2} = r \sum_1^n (w i \lambda) + x \sum_1^n (i \lambda) \dots \dots \dots (8)'$$

$$(r_1 = r_2 = \dots = r_n, x_1 = x_2 = \dots = x_n)$$

$$\frac{\epsilon}{2} = \sum_1^n i \lambda \{ r \cos \varphi + x \sin \varphi \} \dots \dots \dots (8)''$$

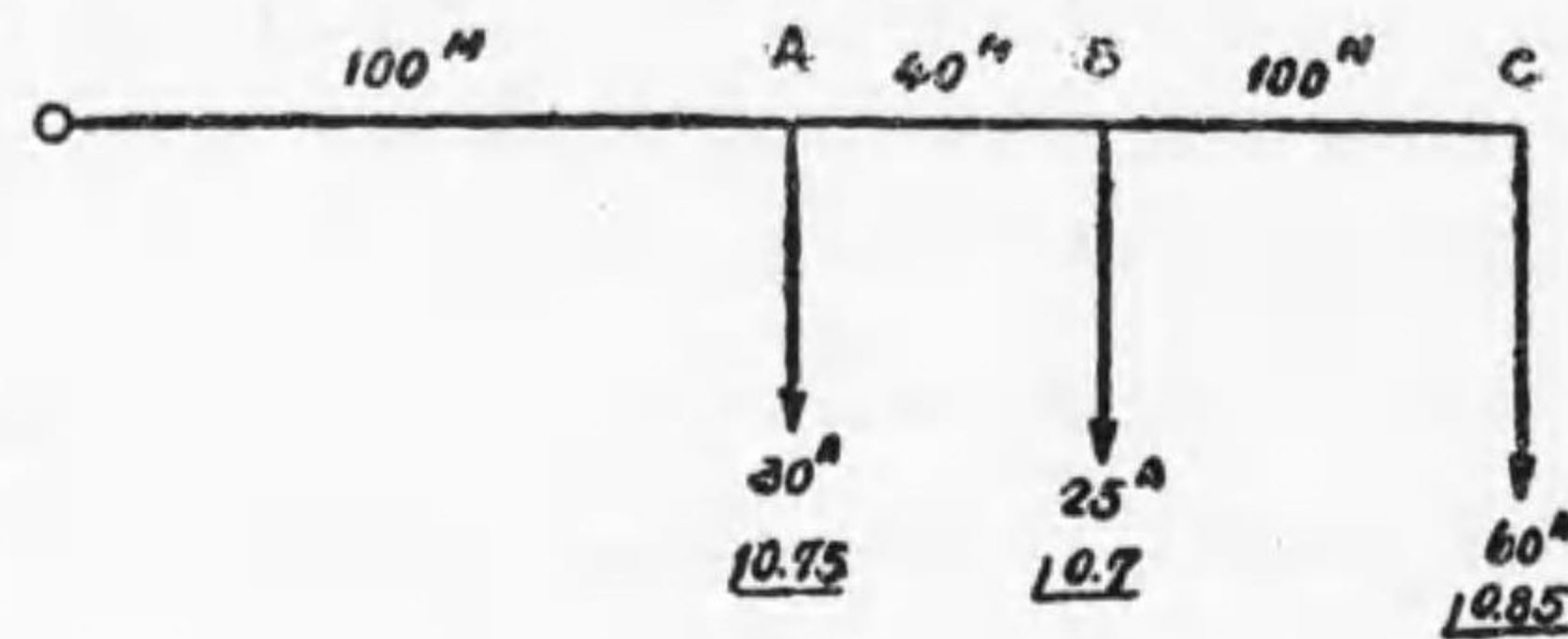
$$\left(\begin{array}{l} \cos\varphi_1 = \cos\varphi_2 = \dots = \cos\varphi_n = \cos\varphi \\ r_1 = r_2 = r_3 = \dots = r_n = r \\ x_1 = x_2 = \dots = x_n = x \end{array} \right)$$

$$M_n = m_1 + m_2 + \dots + m_n \quad N_n = n_1 + n_3 + \dots + n_n$$

$$m_n = r_n l_n \quad n_n = x_n l_n$$

例題 次の圖の C 點の電壓降下を求む。

但し $r = \frac{0.35}{1000}$ ohm, $x = \frac{0.37}{1000}$ ohm とす



第 9 5 圖 例題附圖

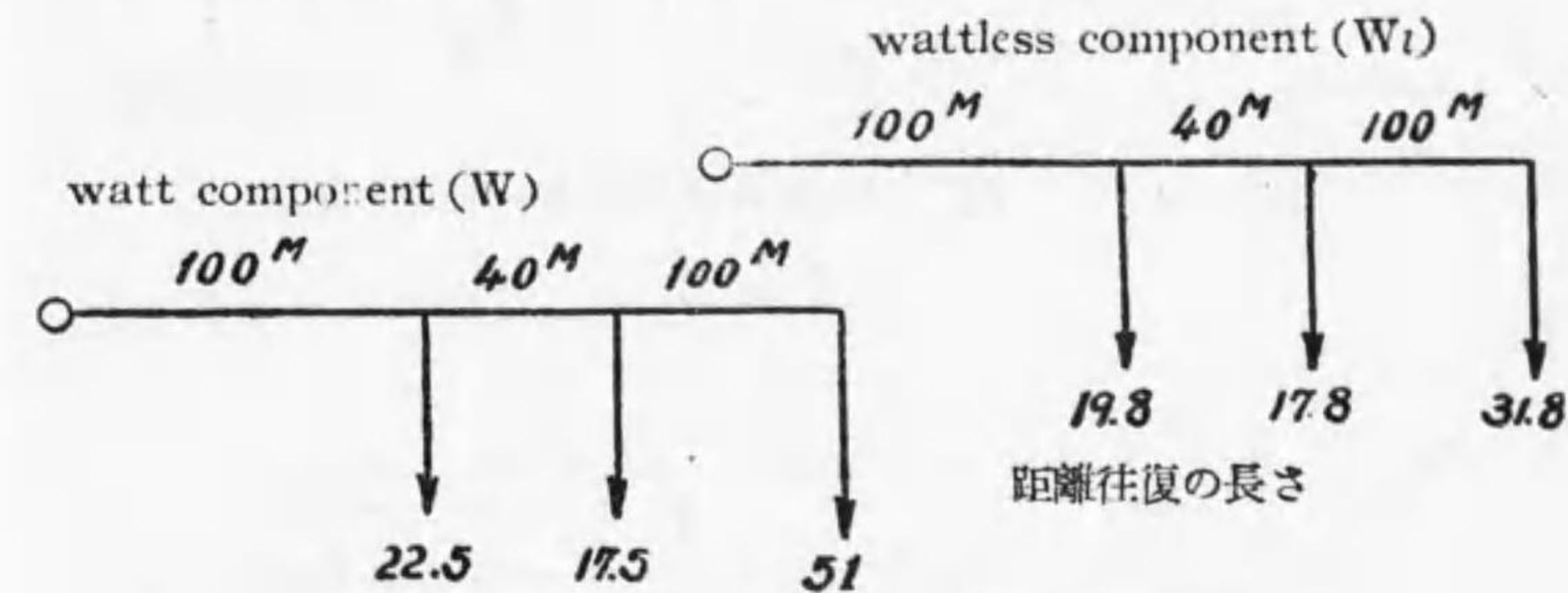
圖中の距離は往復の長さとする (8') 式によりて

$i_a = 30$	$i_b = 25$	$i_c = 60$
$\cos\varphi_a = 0.75$	$\cos\varphi_b = 0.7$	$\cos\varphi_c = 0.85$
$\sin\varphi_a = 0.66$	$\sin\varphi_b = 0.714$	$\sin\varphi_c = 0.53$
$i_a \cos\varphi_a = 22.5$	$i_b \cos\varphi_b = 17.5$	$i_c \cos\varphi_c = 51$
$i_a \sin\varphi_a = 19.8$	$i_b \sin\varphi_b = 17.8$	$i_c \sin\varphi_c = 31.8$

$$\begin{aligned} \epsilon &= \frac{0.35}{1000} (100 \times 22.5 + 140 \times 17.5 + 240 \times 51) \\ &+ \frac{0.37}{1000} (100 \times 19.8 + 140 \times 17.8 + 240 \times 31.8) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \epsilon &= \frac{0.35}{1000} \times \frac{\begin{pmatrix} 2250 \\ 2450 \\ +12240 \end{pmatrix}}{16940} + \frac{0.37}{1000} \times \frac{\begin{pmatrix} 1980 \\ 2492 \\ +7032 \end{pmatrix}}{12104} \\ &= 0.35 \times 16.94 + 0.37 \times 12.1 = 5.92 + 4.48 = 10.4V \end{aligned}$$

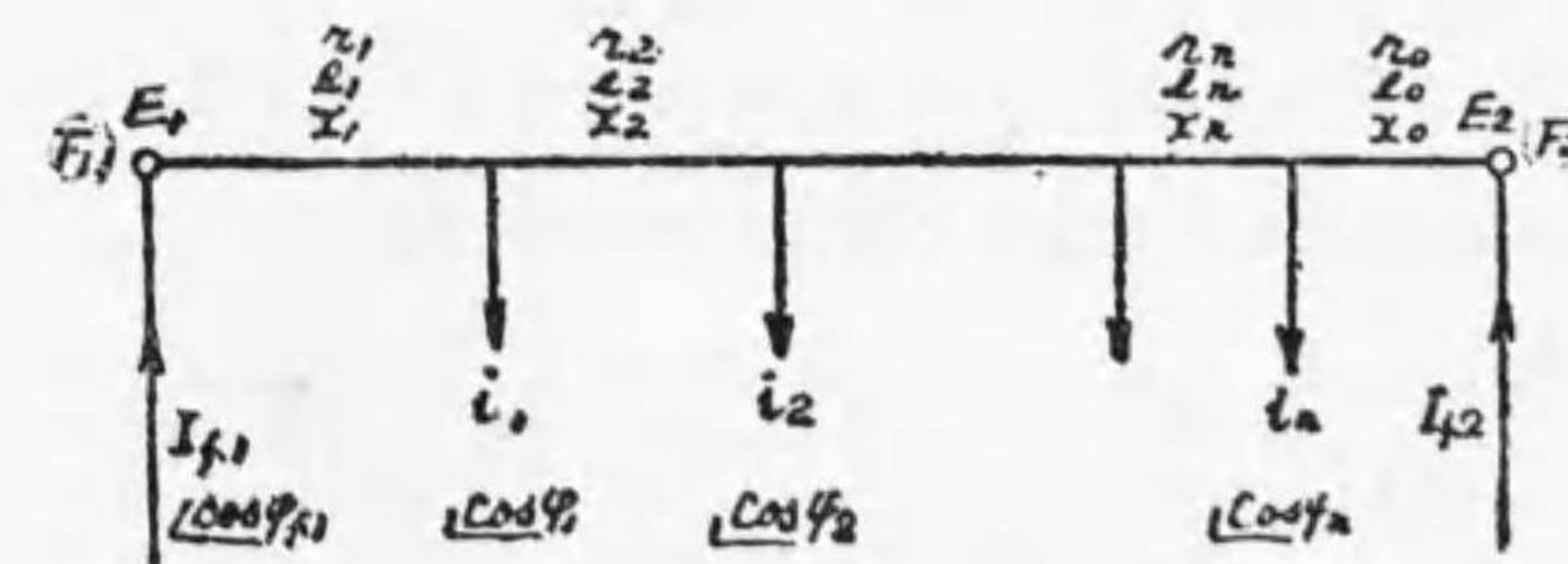
之れ前に圖式計算せるものに殆ど一致するものなり。



第 9 6 圖 勢力及無勢力電流負荷

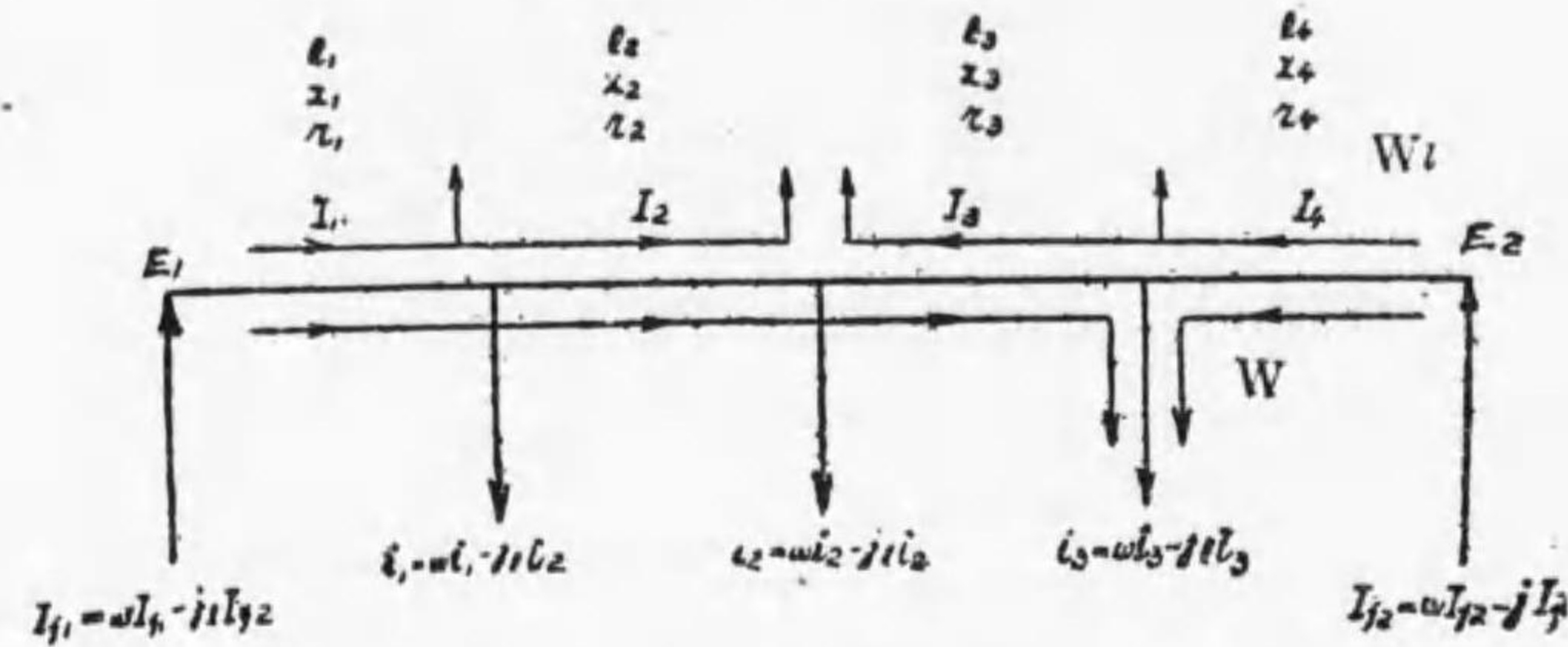
2. 兩端より饋電せられたる交流回路

(a) 兩饋電點電壓の大きさの異なる場合 直流の時と同様に考へて

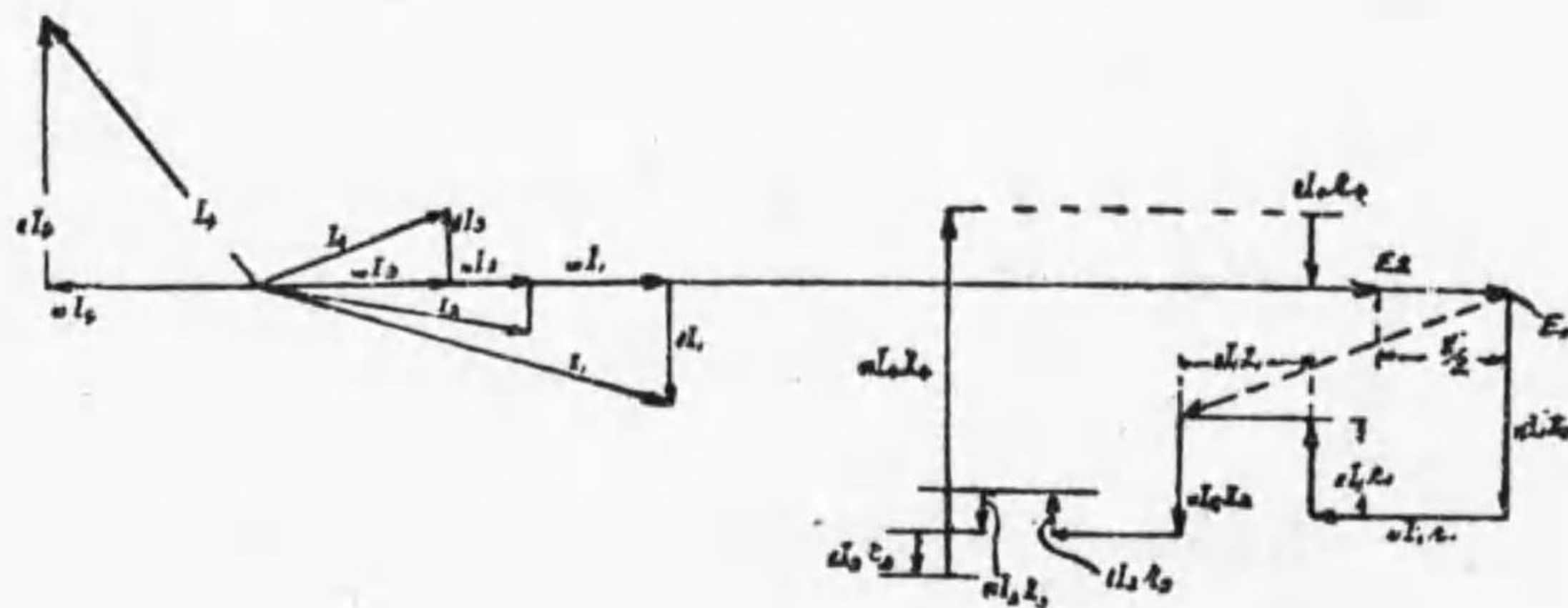


第 9 7 圖 兩端饋電交流配電線

$$\begin{aligned} \frac{E_{r1} - E_{r2}}{2} &= \sum_1^n (M_w i) + \sum_1^n (N i i) - M_{0w} I_{c2} - N_{c1} I_{c2} \\ M_{0w} I_{c2} + N_{c1} I_{c2} &= \epsilon_{21} + \sum_1^n M_w i + \sum_1^n N i i \dots \dots \dots (A) \end{aligned}$$



第 9 8 圖 勢力(W)及無勢力(WI)電流負荷



第 9 9 圖 交流配電線ベクトル圖

第 99 圖の如く各負荷端に於ける電壓の相は皆な一致するものとし、 E_1 及び E_2 が同相に来る可き条件を用ひて次の式を得。

$$wI_1 x_1 l_1 - I_1 r_1 l_1 + wI_2 x_2 l_2 - I_2 r_2 l_2 + \dots + wI_4 x_4 l_4 - I_4 r_4 l_4 = 0$$

此の式を一般に書き換ふれば

$$\left[l_1 x_1 \left\{ \sum_1^n wi - wI_{f,2} \right\} + l_2 x_2 \left\{ \sum_2^n wi - wI_{f,2} \right\} + \dots + l_n x_n \left\{ -wI_{f,2} \right\} \right] - \left[l_1 r_1 \left\{ \sum_1^n i - I_{f,2} \right\} + l_2 r_2 \left\{ \sum_2^n i - I_{f,2} \right\} + \dots + l_n r_n \left\{ -I_{f,2} \right\} \right] = 0$$

$$\begin{aligned} \text{又} \quad & l_1 x_1 (wi_1 + wi_2 + \dots + wi_n - wI_{f,2}) \\ & + l_2 x_2 (wi_2 + \dots + wi_n - wI_{f,2}) + l_n x_n (-wI_{f,2}) \\ & = l_1 x_1 wi_1 + (l_1 x_1 + l_2 x_2)wi_2 + (l_1 x_1 + l_2 x_2 + l_3 x_3)wi_3 + \dots \\ & \quad - (l_1 x_1 + l_2 x_2 + \dots + l_n x_n)wI_{f,2} \\ & = N_1 wi_1 + N_2 wi_2 + N_3 wi_3 + \dots + N_n wi_n - N_0 wI_{f,2} \end{aligned}$$

第二項も同様にして M の項にて求め得べし。

$$\therefore [N_1 wi_1 + N_2 wi_2 + \dots - N_0 wI_{f,2}] - [M_1 i_1 + M_2 i_2 + \dots - M_0 I_{f,2}] = 0$$

$$\text{或は} \quad \sum_1^n Nwi - N_0 wI_{f,2} - \sum_1^n Mii + M_0 I_{f,2} = 0$$

$$I_{f,2} = \frac{1}{M_0} \left\{ -\sum_1^n Nwi + \sum_1^n Mii + N_0 wI_{f,2} \right\} \dots \dots \dots (B)$$

(B) を (A) に入れると

$$\begin{aligned} M_0 wI_{f,2} + \frac{N_0}{M_0} \left\{ -\sum_1^n Nwi + \sum_1^n Mii + N_0 wI_{f,2} \right\} \\ = \epsilon_{2,1} + \sum_1^n Mwi + \sum_1^n Nii \end{aligned}$$

$$\left\{ M_0 + \frac{N_0^2}{M_0} \right\} wI_{f,2} = \epsilon_{2,1} + \sum_1^n Mwi + \sum_1^n Nii + \frac{N_0}{M_0} \left\{ \sum_1^n Nwi - \sum_1^n Mii \right\}$$

$$\therefore wI_{f,2} = \frac{M_0}{M_0^2 + N_0^2} \left[\epsilon_{2,1} + \sum_1^n Mwi + \sum_1^n Nii \right]$$

$$+ \frac{N_0}{M_0^2 + N_0^2} \left[\sum_1^n Nwi - \sum_1^n Mii \right]$$

$$\text{或は} \quad wI_{f,2} = \frac{1}{M_0^2 + N_0^2} \left[M_0 \left(\epsilon_{2,1} + \sum_1^n \widehat{M}wi + \sum_1^n \widehat{N}ii \right) + N_0 \left(\sum_1^n \widehat{N}wi - \sum_1^n \widehat{M}ii \right) \right]$$

同様に
$$iI_{f,2} = \frac{1}{N_0^2 + M_0^2} \left\{ N_0 (\epsilon_{2,1} + \sum_1^n \widehat{M}_{wi} + \sum_2^n \widehat{N}_{ii}) + M_0 (-\sum_1^n \widehat{N}_{wi} + \sum_1^n \widehat{M}_{ii}) \right\} \dots (9)$$

若し $r_1 = r_2 = \dots = r_n = r$

$x_1 = x_2 = \dots = r_n = x$

$$\begin{aligned} wI_{f,2} &= \frac{1}{\Lambda(r^2 + x^2)} [r(\epsilon_{2,1} + r \sum w\hat{i}\lambda + x \sum i\hat{i}\lambda) \\ &\quad + x(x \sum w\hat{i}\lambda - r \sum i\hat{i}\lambda)] \\ &= \frac{1}{\Lambda(r^2 + x^2)} [r\epsilon_{2,1} + \sum w\hat{i}\lambda(r^2 + x^2)] \\ &= \frac{\sum w\hat{i}\lambda}{\Lambda} + \frac{r\epsilon_{2,1}}{\Lambda(r^2 + x^2)} \\ iI_{f,2} &= \frac{1}{\Lambda(x^2 + r^2)} [x(\epsilon_{2,1} + \sum w\hat{i}\lambda + x \sum_1^n i\hat{i}\lambda) \\ &\quad + r(-x \sum_1^n w\hat{i}\lambda + r \sum i\hat{i}\lambda)] \\ &= \frac{\sum i\hat{i}\lambda}{\Lambda} + \frac{x \sum \epsilon_{2,1}}{\Lambda(r^2 + r^2)} \dots (9)' \end{aligned}$$

(b) 兩饋電點電壓の等き場合

若し $\epsilon_{2,1} = 0$ 即兩饋電點の電壓同一の時は

$$\begin{aligned} wI_{f,2} &= \frac{1}{M_0^2 + N_0^2} [M_0 (\sum \widehat{M}_{wi} + \sum \widehat{N}_{ii}) \\ &\quad + N_0 (\sum \widehat{N}_{wi} - \sum \widehat{M}_{ii})] \\ iI_{f,2} &= \frac{1}{M_0^2 + N_0^2} [N_0 (\sum \widehat{M}_{wi} + \sum \widehat{N}_{ii}) \\ &\quad + M_0 (\sum \widehat{M}_{ii} - \sum \widehat{N}_{wi})] \dots (9)'' \end{aligned}$$

若し $\epsilon_{2,1} = 0 \quad r_1 = r_2 = \dots = r \quad x_1 = x_2 = \dots = x$ ならば

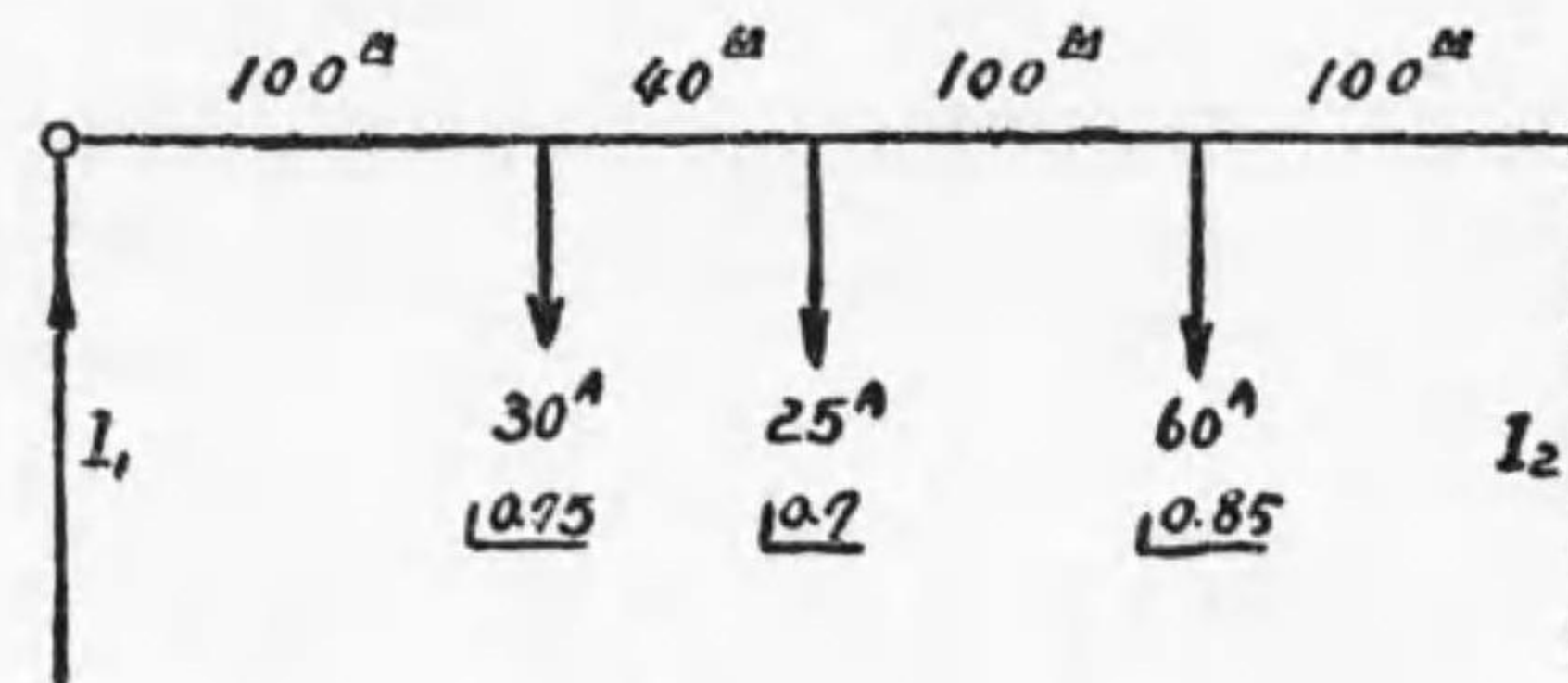
$$\left. \begin{aligned} wI_{f,2} &= \frac{\sum w\hat{i}\lambda}{\Lambda} \\ iI_{f,2} &= \frac{\sum i\hat{i}\lambda}{\Lambda} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} wI_{f,1} &= \frac{\sum w\hat{i}\lambda}{\Lambda} \\ iI_{f,1} &= \frac{\sum i\hat{i}\lambda}{\Lambda} \end{aligned} \dots (9)'''$$

若し $r_1 = r_2 = \dots = r \quad x_1 = x_2 = \dots = x$ にして

$\cos\phi_1 = \cos\phi_2 = \dots = \cos\phi_n = \cos\phi$ ならば

$$\left. \begin{aligned} wI_{f,2} &= \frac{(\sum i\hat{i}\lambda) \cos\phi}{\Lambda} \\ iI_{f,2} &= \frac{(\sum i\hat{i}\lambda) \sin\phi}{\Lambda} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} wI_{f,1} &= \frac{(\sum i\hat{i}\lambda) \cos\phi}{\Lambda} \\ iI_{f,1} &= \frac{(\sum i\hat{i}\lambda) \sin\phi}{\Lambda} \end{aligned} \dots (9)''''$$

例題 (1) 下記電路に於て I_1 及び I_2 を求めよ。但し饋電點の電壓は同相にして、其大きさも相等しとす。



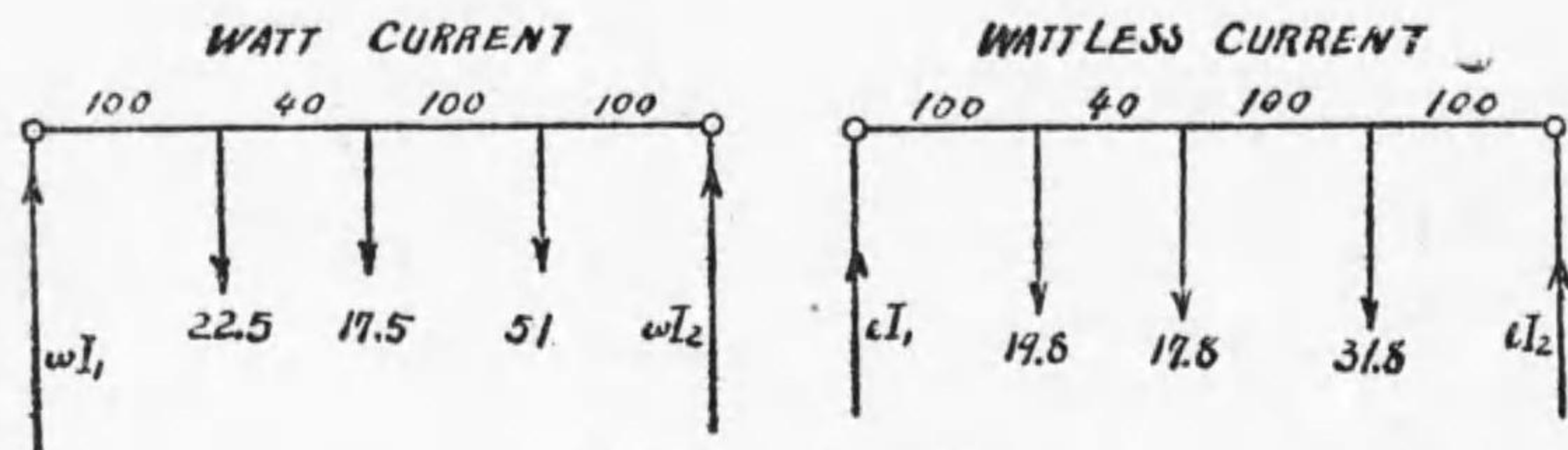
第 100 圖 例題附圖

解 上記電流をワット電流と、ワットレス電流とに分ちて、第 101 圖の通り二つの回路に別つ。

$$wI_2 = \frac{100 \times 22.5 + 140 \times 17.5 + 240 \times 51}{340} = 49.9$$

$$\omega I_1 = \frac{100 \times 51 + 200 \times 17.5 + 240 \times 22.5}{340} = 41.1$$

$$49.9 + 41.1 = 91.0 A$$



第 101 圖

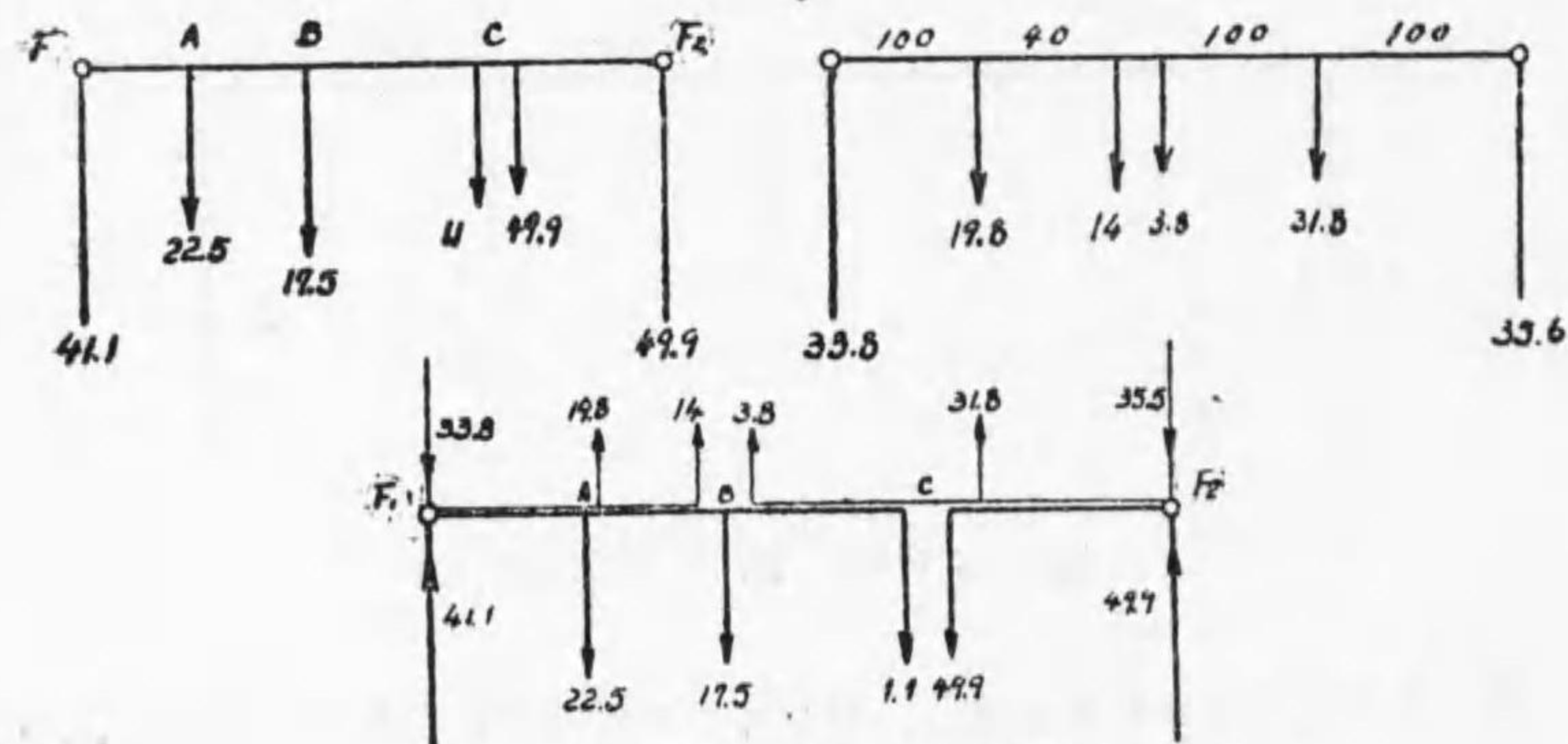
$$iI_2 = \frac{100 \times 19.8 + 140 \times 17.8 + 240 \times 31.8}{340} = \frac{12104}{340} = 35.6$$

$$iI_1 = \frac{100 \times 31.8 + 200 \times 17.8 + 240 \times 19.8}{340} = \frac{11492}{340} = 33.8$$

$$35.6 + 33.8 = 69.4 A$$

ワットコンポーネント

ワットレスコンポーネント



第 102 圖 例題附圖

電壓降下の最大なる點は B 或は C なり。

電壓降下を計算するに當り、例ば C 點の電壓降下を見んとするに際し

F_2 點よりの降下を計算せば、ワットコンポーネントは C 點に終る故に、 $r \sum il$ にて出づるも、ワットレスコンポーネントは B 點迄行く故に、C 點迄の降下を求むる爲に電線に通る電流を用ひて計算せざるべからず。

亦 B 點の降下を見るに、ワット電流の \overline{BC} 間は F_2 側より考へて負の符號をとり、C 點より B 點に負の降下ある事に注意するを要す。

C の電壓降下は

$$\epsilon_c = \frac{0.35}{1000} \times 49.9 \times 100 + \frac{0.37}{1000} \times 35.6 \times 100 = 1.747 + 1.317 = 3.06V$$

$$\epsilon_B = \frac{0.35}{1000} \times \{49.9 \times 100 - 1.1 \times 100\} + \frac{0.37}{1000} \times \{31.8 \times 100 + 3.8 \times 200\}$$

$$= \frac{0.35}{1000} \left\{ \frac{4990}{4880} (-) \right\} + \frac{0.37}{1000} \left\{ \frac{3180}{3940} (+) \right\}$$

$$= 1.71 + 1.17 = 3.17V \text{ 前より少し大なり。}$$

F_1 の方より電壓降下を計算しても同様なり。符號の取方に注意する爲下に記す。

$$\epsilon_c = \frac{0.35}{1000} \{100 \times 22.5 + 140 \times 17.5 + 240 \times 1.1\} + \frac{0.37}{1000} \{100 \times 19.8 + 140 \times 17.8 - 100 \times 3.8\} = 3.06V$$

電壓降下與へられし時、(8)或は(9)の式を用ひて易しく斷面積を出す事を得ず。線リアクタンス x 或は r は、線の太さに関係すればなり。已むを得ざれば漸近的に導體の太さを假定し、何れか x 又は r 一方未定のものとし、數回計算するを要す。