

卒業論文

「雷の誘導作用に対する

架空地線の保護効果
に就て」

工学部電気工学科

保坂 為一

内容梗概

雷の誘導作用に対する架空地線の保護効果に就ては地線と並に導線との拘束電荷の分布、雷放電に伴う電位傾度の変化、地線とに生ずる進行波及び鉄塔接地点に於て生ずる反射波等を考慮に入れた理論的研究である。

本論文に於て考察せられたる事項は雷の誘導作用に対する架空地線の効果として架空地線は導線とに生ずる電荷の遮蔽効果とあり又進行波の減衰に影響を及ぼす事である。

尤も第一章に於て雷の誘導作用に依る異常電圧の進行波の生成と題して雷相互間に於て亦大地との間に放電が起つた場合送電線との拘束電荷が自由電荷と成つて送電線とを波動傳播とす理論に就て概念的に記述し其の場合の電圧及び電流の式を與へて居る。

次に進行波生成の機構と論じたる以上勢力の波型及波高に就て論及するを要する故如何なる波型に於て進行するか又如何なる誘導電圧あるかを理論的に記述した次第である。

要するに第一章は第二章の雷の誘導作用に対する架空地線の保護効果に就て論ずる為には雷の誘導作用を概念的に簡単に記述をふしたのである。

本第二章と根據として第二章に於て保護効果を論ずるに當り此れを嚴密には靜電的には取扱ひ得るが右電磁的に取扱ひ得るのであるが、簡単に架空地線の保護効果を論じん為には靜電的に取扱ひ得るものと仮定して遮蔽作用に就て考察し地線自身の線條数、位置に對して結論を與へ、次に電磁的に取扱つて接地の充分ある場合と不十分ある場合とに就て論じ架空地線の有無に依り進行波の減衰が小となるか特大な否即ち安全とあるかは地線の線種太さ並に其の接地抵抗に關係する事とを論じ、第三章に於て雷の誘導作用に対する架空地線の厚望として地線の線種、太さ及び接地に對する二項目に就て総括的結論を與へて居る。

内容梗概

架空地線の効果は統計とより之を見ると相当の結果を導き出す。其の効果を考察するとき直撃(雷の)誘導に対するものに殆んど限定せられて居る。

而して取扱った雷の誘導作用に対する架空地線の保護効果に就ては地線上並に導線との拘束電荷の分布、雷放電に伴ふ電位傾度の変化、地線上に生ずる進行波及び各鉄塔接地点に於て生ずる反射波等を考慮に入れた理論的研究である。

概して論文に於て考察した事項は雷の誘導作用に対する架空地線の効果として架空地線は導線上に生ずる電荷の遮蔽効果をおし、進行波の高の減衰に影影を及ぼす事である。

先づ第一章に於て雷の誘導作用に依る異常電圧進行波の生成と題して雷が相互間に於て又大地との間に放電が起った場合送電線上の拘束電荷が自由電荷となりて送電線上を波動傳播をおす理論を「セイサイド」氏の方法に依つて論じ其の場合の電圧電流を示す方程式を導いて居る。斯く進行波生成の機構を記したの故次に進んで其の波高、及び波型を論じ如何なる波型にて進行するか又如何程の誘起電圧あるかを理論的に研究したり。要するに第一章は第二章雷の誘導作用に対する保護効果を論ずる為に必要な雷の誘導作用の概念を簡単に導いたものである。次に第一章の事実結果を根據として第二章に於て保護効果を論ずるに際し此れを厳密には静電的には論じ得ず電磁的に取扱ふべきであるが、電磁的に取扱ふのは後述しにして静電的に取扱ひ得るものと仮定して遮蔽作用に就て考察して地線自身の線條数、位置に對して結論を與へ、次に電磁的に取扱つて接地の充分ある場合と不充分ある場合とに就て論じ架空地線の有無により進行波の減衰が大となるか又は却つて小なるかは地線の線種太さ並に其の接地接抗に關係する事に就て論じて居る。

(此の場合誘導損失を考慮外に置きたる場合と考慮に入れたる場合との両方に就て論じたり。)

以上の結論として見れば第二章に雷の誘導作用に対する架空地線の要望として地線の線種太さ及び接地に對する二項目に

大別し、其の要望を考察し、居る。

雷の誘導作用に対する架空地線の保護効果に就て

目次

前言	(1)
第一章 雷の誘導作用に依る異常電圧進行波の生成	(2)
第一節 雷誘導による異常電圧進行波生成の機構	(2)
第二節 雷誘導による異常電圧進行波の波高及び波形	(8)
第二章 雷の誘導作用に対する架空地の保護効果	(14)
第一節 架空地線の静電遮蔽作用	(14)
第二節 放電率に比し接地点迄の距離が十分に長いと看做し得る場合の自由電荷による送電線の電位	(19)
第三節 放電率に比し接地点の距離が十分に短い場合の自由電荷による送電線の電位	(20)
第四節 架空地線の接地完全ある場合の進行波	(21)
第五節 架空地線の接地不完全ある場合の進行波	(30)
第三章 結論	(31)
(雷誘導から見た架空地線への要望)	
附 参考文献	(32)

雷の誘導作用に対する 架空地線の

保護効果

諸言。

架空地線の研究は四五年前より避雷関係の研究者の注目の的とかりたる観がある。

雷に対する架地線の保護効果は実績に依りて調査するも亦實驗に依りて確むる事も甚だ困難なる事情にある。

其の理論的考察に於ても亦従前おされたるものは雷現象の研究の進んだ今日より見れば不備であつた。

然るに今日雷現象の研究は進歩し雷に依る異常電圧の特性が明にされた結果効果あらしめんとする架空地線の施行法にも亦改良の点見らるに至つた。

今日究明せられんとする架空地線の保護効果は如何なるものであるか。

次に架空地線の保護効果(良きもの、然らざるもの)又現在の立場より考察するに大体次の如き効果を摘出し得る。
即ち

- (1) 雷の直撃に対する保護効果
- (2) 雷の誘導作用に対する効果
- (3) 進行波の傳播に及ぶ効果
- (4) コロナ作用に及ぼす効果
- (5) 弱電流への誘導作用に及ぶ効果
- (6) 接地故障に対する効果

の六効果が是である。以上の中架空地線本来の使用目標は現在より見ると(1)(2)に限定して大過あるものである。

雷の誘導作用に対する保護効果に就ては地線と並に導線との雷雲拘束電荷の分布、雷放電に伴ふ電位傾度の変化、地線上に生ずる進行波及各鉄塔接地点に於て生ずる反射波等を考慮に入れたる理論的研究がおされ居る。

第一章

雷の誘導作用による異常電圧進行波の生成
第一節 雷誘導に依る異常電圧進行波生成の機構

一般に雷雲が発生すれば、他の絶縁された帯電体が大気中に存在する場合と全様に、其の雷雲の有する電荷と反対極性の電荷が地表上に誘起せられる。

そこで今架空送電線路の附近に雷雲が襲来したと考ふる時には、

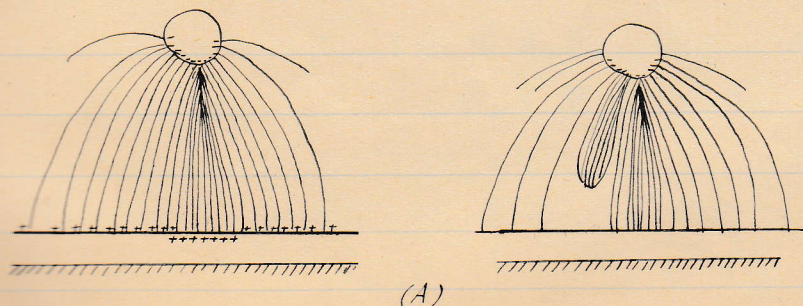
(a) 先づ静電誘導の原理に基づき送電線の雷雲に近い側には其の雷雲かと反対極性の電荷が誘起され拘束電荷を形成する。

是と同時に此の拘束電荷と同量且つ反対極性の自由電荷が此と対応する送電線の他端に生ずる。

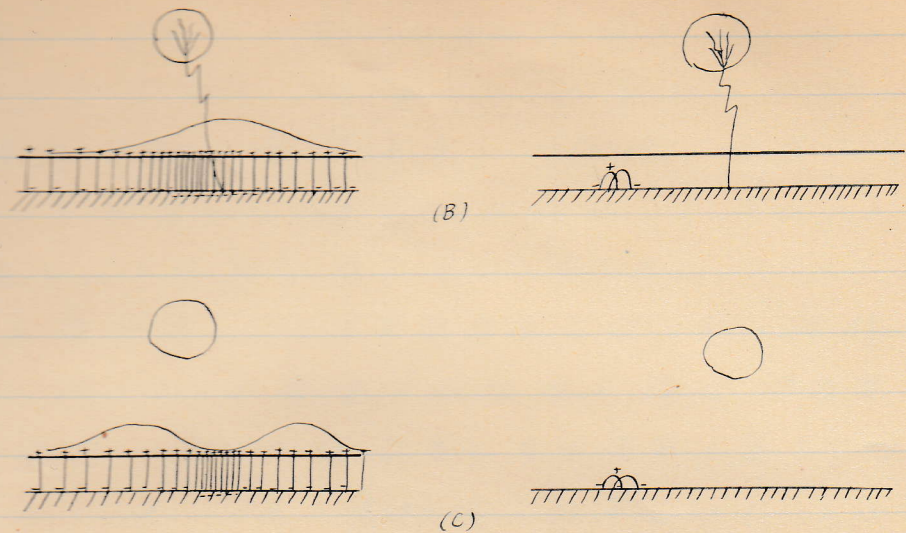
従つて此の自由電荷に相当して送電線は大地と電位差即ち電位を生ずる。

此の電位に依つて該自由電荷は、其の送電線が中性点接地式あるか又は非接地式あるかに應じて直接又は碍子、套管等の漏洩を通過して大地に逃れ去り、送電線と大地とは定常の電位に復する、即ち送電線には拘束電荷の分布のみを有する事となる。

又一回 (A) は雷雲の負極性ある場合に就て斯かる状態に於ける送電線並びに大地の拘束電荷分布を示したものであつて左側は横断面図右側は縦断面図である。



(A)



(A) 雷雲に依る拘束電荷分布

(B) 雷放電による自由電荷の生成

(C) 進行波の発生

第1図. 雷誘導により送電線に発生する進行波生成の図解.

次に.

(6) 其の雷雲が (1) 移動 (2) 大地との間の放電又は (ハ) 雷雲相互間の放電を起すときには其の各々に應じて拘束電荷は変化を来す。

但し (1) は其の变化率より見て此の場合は考慮外に置いて置く。

今 (2) 又は (ハ) に該当する雷放電を生じたとするは、送電線との拘束電荷は其の放電率に應じて順次自由電荷となり、急激に再び大地と電位差を生じるに至る。

(B) 図は其の途上の一瞬を示して居る。斯る場合の送電線に於ける最高電位 V_0 は次式で表はし得る。

即ち

$$V_0 = \alpha g l \quad \dots \dots \dots (1)$$

茲に l ; 送電線の地表との高さ (米, 呎)

g ; 放電直前に於ける地表附近の最大電位傾度 (KV/米 又は KV/呎)

α ; 放電率及び雷雲又は拘束電荷の分布に依つて定まる定数 (≤ 1.0)

註. 此處に放電率と稱するは雷放電に伴ふ電界の変化を言ふ。

同様の自由電荷は発生すると同時に時々刻々其の発生点を基準として二分し、送電線とを左右に該電線路固有の傳播速度にて進行する。送る送電線とには雷誘導による進行波が発生した事にある。

(c) 同様の状態を图示したものである。

以上は雷誘導による異常電圧進行波生成の機構中代表的な一例であるが雷雲が双極性の場合、雷放電が送電線の直前に起った場合等は自由電荷の発生も多少複雑であり、従つて其の進行波の性質も必ずしも上記の如く單一では無い。

但し以上の機構を理解する事に依りて同一考察をなせば定性的には容易に之を求める事が出来る。

又上記の如き機構に従つて送電線上に発生した異常電圧の波動傳播の現象に対し其の觀念を明にして置く必要を生じたルは是が詳論を余は避け以下極めて簡単に是等の大要を記述せんとす。

一般に送電線とを波動傳播する電圧は厳密には電気力学の立場より是が考察を進める事が出来る訳であるが、現今工學的に於て之を定る方法は現象を準定常状態と假定した「ヒューサイド」の方法に依るのである。

本方法は勿論特別ある場合の他は総べて近似的である事に過ぎぬが、工學的立場より之を見れば其の考へ方の實際的である点に於て極めて好都合な上に、理論が簡単であり又其の實用價值が著大である。従つて現在に於ては本方法に従ひのが最も賢いものと考へられる。依つて余は本考察法に準じて異常電圧の考察を進めようとするものである。

尤も是が概念に従へば、長距離電気傳導現象は、導体の自己及び相互インダクタンスと自己及び相互静電容量並に導体の抵抗と絶縁体の漏洩とに依つて完全に決定されるとするものであるから、簡単に任意線條の送電現象を考察出来得る事であり、實際問題の處理に當つて頗る好都合である。

併し亦かう其の考察に當り、先天的に一定の電気

定数に依つて性質がけらるる線路を與へて掛ると云ふ事は線路の不連続点を考慮外に置き、又線路に沿つての現象変化は余り急激でない事（交流の場合は其の周波数が余り大いである事）等を暗に認めたる事である。更に波動変化が迅速にあるか或は電圧が著しく高きかリコナの影響を被る場合、乃至は大地を線路の一部に持つ導体系の切断面積が極めて擴大したる結果とあり得る場合、又は線路端に至つて終端作用を除く事はざる場合等に在りては此の理論は或有限の修正を要する事と云ふのである。

次に本考察法の大要を記するに當り其の形を簡單にして洞察を適確ならしめる為には以下勢力損失は能て之を考慮外に置き、且線路は往復二線の場合（大地歸路の場合は影像の考へにより）のみに限定する事とする。

今此の線路に於て長さの單位は片線の長さを基準とし、二数へる事とし、往復直列の單位長さ當りのインダクタンスを L 、又兩線間の單位長さ當りの静電容量を C とし、且長さ及び電流の方向を左より右に向つて採る事とする。任意の点 x に於ける x 位の單位長さ當り、及び單位時間當りの右向通過電氣量の變化に就て微少距離、微少時間内の物理現象は一次変化ありとの根本假定により、次の基本偏微分方程式を得る。

即ち、

$$-\frac{\partial g}{\partial x} = Ce \quad \dots\dots\dots (a)$$

$$-\frac{\partial e}{\partial t} = L \frac{\partial^2 g}{\partial x^2} \quad \dots\dots\dots (b)$$

(a) (b) = 式より e を消去すれば g に就きて

$$\frac{\partial^2 g}{\partial t^2} = \frac{1}{LC} \cdot \frac{\partial^2 g}{\partial x^2} \quad \dots\dots\dots (c)$$

を得らる。

此の方程式の一般解は F_1, F_2 を唯一個の独立変数の任意單値函數とし、且つ

$$S = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (2)$$

に S なる定数を與へれば

$$q = F_1(l-St) + F_2(l+St) \quad (d)$$

に S 與へられ.

又 (a), (d) 兩式より

$$e = -\frac{1}{C} [F_1'(l-St) + F_2'(l+St)] \quad (e)$$

を得られようのであるが、式を見易とする爲に q の代りに單位長毎の充電 $Q = Ce$ を採り且新に $f_1 = -F_1'$ $f_2 = -F_2'$ を選んで

$$Q = f_1(l-St) + f_2(l+St) \quad (3)$$

とすれば

$$e = \frac{1}{C} Q \quad (4)$$

又は

$$e = \frac{1}{C} f_1(l-St) + \frac{1}{C} f_2(l+St) \quad (4')$$

を得る。

茲に於て (4)' 式に於ける $f_1(l-St)$ 又は $f_2(l+St)$ なる任意函数の物理的意義が如何なるものであるかを考へるに、是は他の類似せる物理現象に比較して考察すれば容易に其の意味を洞察する事を得る。

即ち電位の動乱は其の形は最初の條件によりて定まる一波動であつて (2) 式に S なる傳播速度を以て波形波高波長を變ずる事ある左又は右に進み行つものに相當する。

併し此の事は又直接に次の如き考へを運らしても容易に認得し得るものである。

例へば今 f_1 のみに就きて考ふるに、 l_1 なる一点に於て t_1 なる時刻に e を觀察すれば、明に $e = \frac{1}{C} f_1(l-St)$ である。次に t_2 なる時刻に $l_2 = l_1 + S(t_2 - t_1)$ なる地点に就き e を觀察すれば、是は $e = \frac{1}{C} f_1(l_2 - St_2) = \frac{1}{C} f_1(l_1 - St_1)$ となりて前と全く e を與ふる事より、 e は S なる傳播速度を以て左より右に不變の形にて進行する波動と云ふべしと考へ得られようのである。

茲によりて之を視るに、 e が f_1 によりて表はされるか又は

よによるか、または f_1, f_2 の両者によるかは全く各場合場合
により異なる程度の原因に依つて異なる条件に従
つて定まるものであるから、一般的に之を論ずる場合
には、之は波動即ち之を普通に云つて進行波を形成
すると心中に考へるのみにて式の上には之は單に

$$e = \frac{1}{c} f_1 (l - st)$$

又は

$$e = \frac{1}{c} f_2 (l + st)$$

と書して取扱つて行ふと聊か不審ある点のない事は
明である。

最後に通過量 q の時局変化割合ある電流 i を求む
れば

$$i = \frac{\partial q}{\partial t} \dots \dots \dots (f)$$

であるから、

$$i = -s [F_1'(l - st) - F_2'(l + st)] \dots \dots \dots (g)$$

とある。

今上記に従つて任意の一方に進行する波のみを考へれば

$$\begin{aligned} i &= cs f_1 (l - st) = \frac{1}{Z} \frac{1}{c} f_1 (l - st) \\ &= \frac{1}{Z} e \dots \dots \dots (5) \end{aligned}$$

又は之を一般的に書して

$$i = \frac{1}{Z} \left[\frac{1}{c} f_1 (l - st) + \frac{1}{c} f_2 (l + st) \right] \dots \dots \dots (5')$$

を得る。但し Z は

$$Z = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

であつて此れ即ち波動インピーダンスである。

而して(5')式に於て注意すべき事項は第二項が負に於て居る
事である。即ち是は左向の電位進行波が(4)式に於ては
正である為には左向進行波の電流の(+)方向が距離の(+)
方向とは逆にあつた為である。

以上にて送電線を波動傳播する電磁現象の大略を終り。

以下前述の如く之を基本として考察を進めようと思ふ。

第=節 雷誘導による異常電壓進行波の波高及波形。

(1) 式即す

$$V_0 = \alpha g h$$

ある雷誘導による誘導電壓の波高値を示す式に於て
(1) 雷放電が瞬時的に完了するか又は (2) 送電線の雷雲に比較して充分に短い場合、換言すれば其の線條に於ける各点の拘束電荷が全と等量であり、而して放電瞬時に於て全と等量の自由電荷を生じ且つ漏洩を考慮外に置き得る場合には (1) 式即す誘導電壓の最大値は

$$\alpha = 1 \quad V_0 = g h \quad \text{----- (7)}$$

とあり、線條の地表上の高さ h 及び放電直前の電位傾度 g が明であるば直に V_0 は求め得る。

尚 (1) の條件に於ては拘束電荷の分布を到る處に二分したものが其の進行波の波形とあるのである。

併し亦から實際問題としては勿論上記何れの條件も満足されないものである。

即す (1) 雷放電には其の完了までに或長さの時間を要する事
(2) 送電線の拘束電荷が其の分布は全と一様ではあらず漸時変化して居る事、其の他 (1) 雷雲が相當の大きさを有し且つ放電直前までは大体導体と考へ得るに及し、其の放電時には寧ろ半導体乃至は絶縁体の傾向を帯びる等により (7) 式に α なる減衰定数を乘じ (1) 式の如くあるを要するのである。又進行波の波形は又上の諸事實より亦拘束電荷の分布のみより直に之を求める事は出来ぬ。

尤も最も大切なる波高値の決定法乃至 α の算定法を曲線群より求める方法を記述するに。

第=図 (A) 上図は送電線上に横がれる雷雲の電荷の分布を矩形状とし、且雷雲を導体と仮定した場合其の地表に平行の長さを 4,000 ; 3,000 ; 2,000 及 1,000 呎とし其の地表上の高さを夫々 2,000 ; 1,500 ; 1,000 ; 500 呎とした時の放電持続時間と α (%) との関係を実験を加味した計算より求めた曲線である。

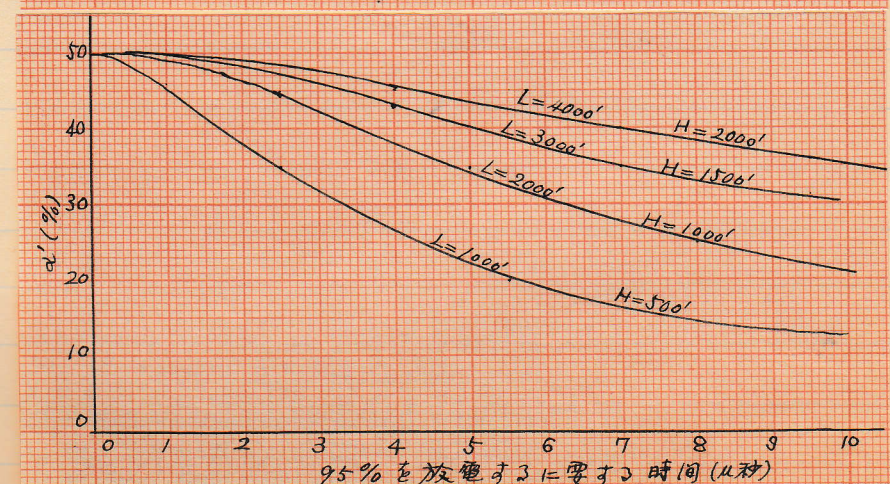
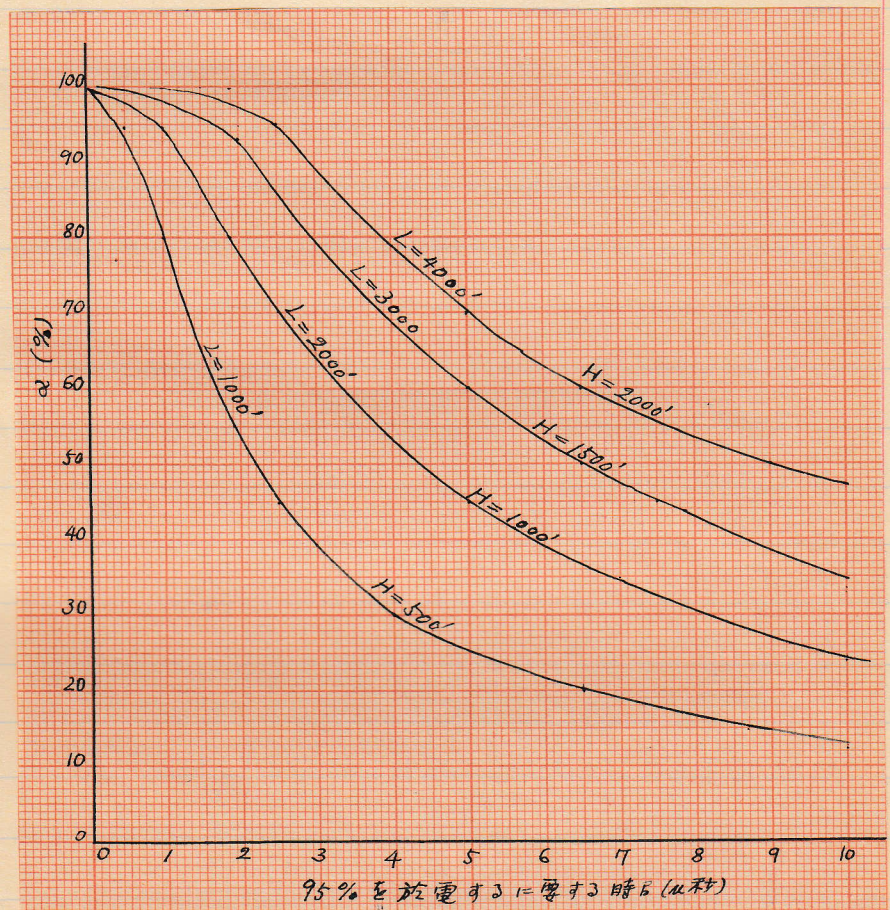
而して同下図は同一條件に於ける進行波發生当初の波高値
に対する (1) 式の α と全一義に於ける減衰定数 α' と放電持
續時間との関係曲線である。即ち此の進行波の波高
値 V は (1) 式と全一義の式で表し得る。即ち

$$V = \alpha' g h$$

但し $\alpha' \leq 0.5$

前図に示す放電率は指数函数的に放電し、其の放電
完了の 95% までの秒数を表したものである。
斯う如く雷雲の放電持續時間が與へられれば本曲線
を使用する事に依つて (1) 式及び (8) 式より誘導電壓の最大
値及び進行波の波高値は直に求めらる⁽⁶⁾

第2圖 (A)
種々ある雷雲の長
及び高さに於ける
放電持續時間と
誘導電圧最高値
及進行波々高減衰
定数との関係。
(指數函数的放電)



例として 2,000 呎長 高さ 1,000 呎の雷雲に於て放電時間が 4 μ 秒とすれば本図線より直に V_0 及び V は夫々 0.78 及び 0.47 となる。

今 40 呎の高さを有する送電線が此の雷雲の直下にある、放電直前の電位傾度が 100 kV/m であるならば

$$V_0 = 0.78 \times 100 \times 40 = 3120 \text{ kV}$$

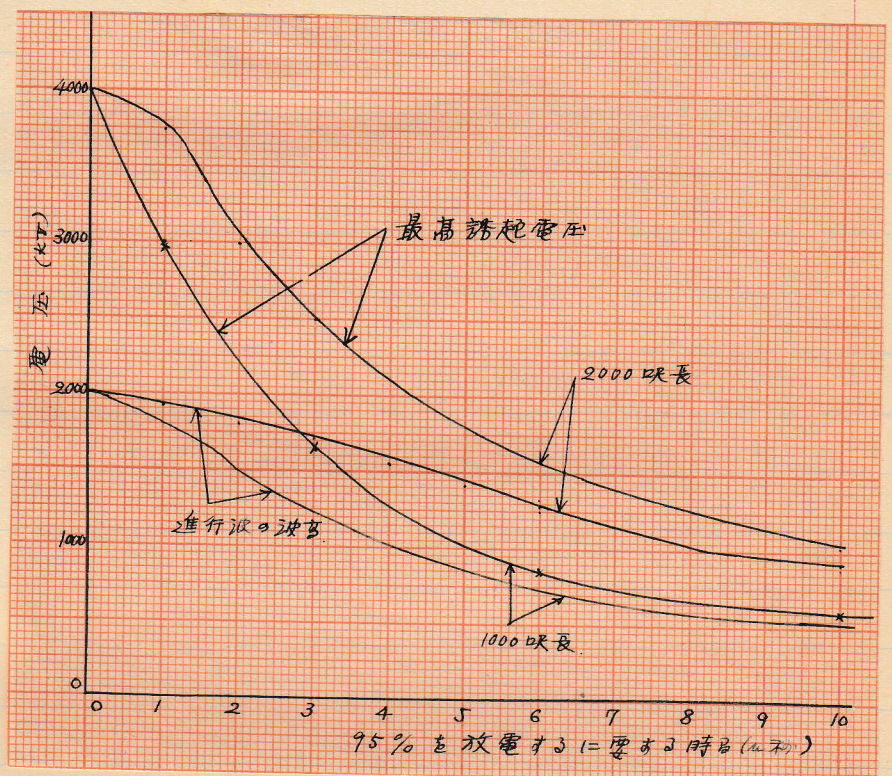
$$V = 0.47 \times 100 \times 40 = 1,880 \text{ kV}$$

となる。尚放電時間が 4 μ 秒なれば $V_0 = 3,120 \text{ kV}$ $V = 1,880 \text{ kV}$ 又放電時間が 10 μ 秒である時は $V_0 = 1,040 \text{ kV}$ $V = 920 \text{ kV}$ となり、是以上の時間に対し V_0 と V の値は略々一致するに至る。

第2図 (B)

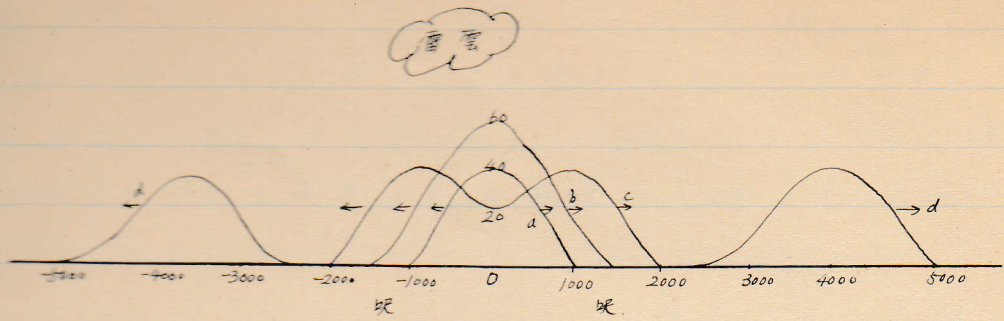
放電持続時間と

送電線上の誘導
最高電圧及進行波
の電圧との関係
(指数函数的放電)



第2図 (B) は (A) 図を使用し (1) 及び (8) 式より 2,000 呎及び 1,000 呎長、高さ 1,000 呎の雷雲直下に於ける誘導電圧の最大値並びに進行波の波高電圧、即ち V_0 及び V と放電持続時間との関係を直接求めた曲線である。之により V_0 又は V と放電率との関係は一層明瞭に察知される得る。

又次に記する (C) 図は雷雲の高さを 2,000 呎とした時 (但し真分布)、其の放電率が全図下部に示す指数函数的の割合に2変化する 1 μ 秒であった時の進行波の発生状況と同化したものであつて、図に見る如く 0.4 μ 秒で誘導電圧は最大値を示して居る。



$a =$ 雷放電瞬時より 0.2μ 秒の後

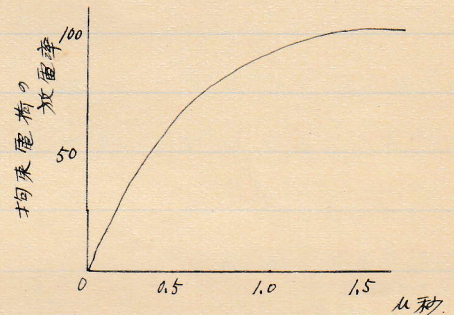
$b =$ " 0.4μ "

$c =$ " 1.0μ "

$d =$ " 4.0μ "

第2図(c) 雷放電により送電線に

発生する進行波の進展状況.



更に雷放電に依る進行波の概念を明瞭にする為⁽⁷⁾に其の波形の一個解法を示さん。

上記の如く雷雲が或大いさを有し、従つて送電線上の拘束電荷が或る分布を有す事及び雷放電に時間を要する事、前者は進行波の波形を定める上の大要素である。特に雷雲の放電率たる電界の強さ g の時間に対する変化の割合 dg/dt は最も関係する所が多い。

先づ順序とし

(1) dg/dt が無限大である、即ち雷放電が瞬時的に完了した場合には、既述の如く送電線上の拘束電荷の分布の適当な方法に依り測定されれば之を各点に於て分して之のが求むる進行波の波形とある。

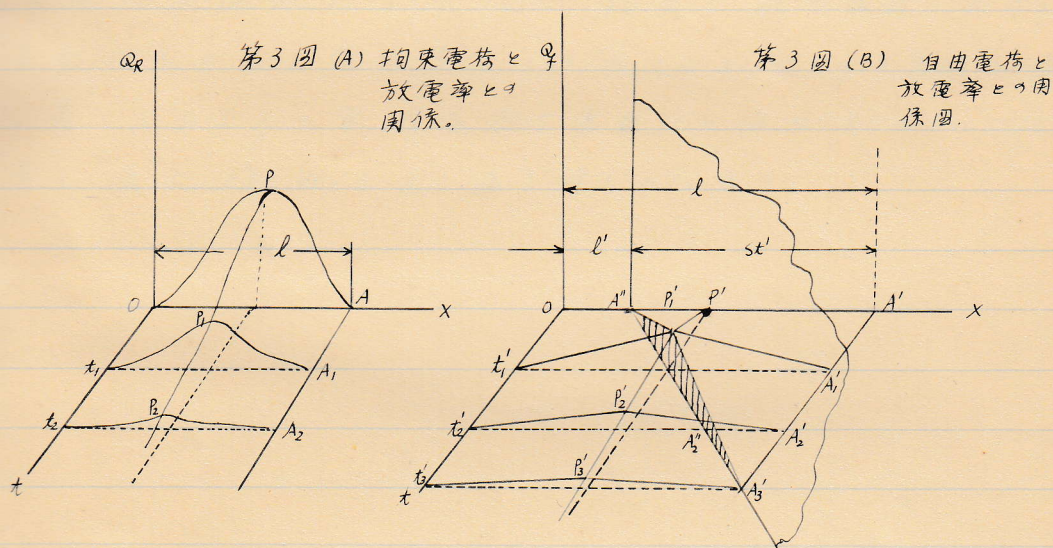
(2) 次に dg/dt は有限である、即ち雷放電に或時間を要する。拘束電荷の分布は送電線上の一点に集中してあると考へ得る場合、換言すれば雷雲内の電荷の分布範囲に比較して其の雷雲が充分に高い位置を占め居ると見做し得る時は、進行波の波形は放電率乃至 dg/dt と全く全形と同一である。即ち此の場合は適当な方法により dg/dt を測定すれば自ず定まる。

(3) 最後に實際の場合とし dg/dt が有限であり、而し拘束電

面と送電線とに等しい長さの分布をふし居る時に、是等しいの
に既に測定により與へられ居た場合を考へて見る。

第3図(A)に於て x を送電線上に沿ふての長さ OQ_B を線路上
の単位長さの電荷とし、放電開始の瞬時 $t=0$ に於ける線
路上の拘束電荷の分布を OPA とする。

而して $t=t_1$ 後に於ける拘束電荷の分布は $t_1P_1A_1$ に遞減したと
すると OPA と $t_1P_1A_1$ との各点に於ける差は t_1 時中に自由電
荷とあつて左右に移動したものとあり、同様に $t=t_2$ 瞬時に於け
る拘束電荷の分布を $t_2P_2A_2$ とすれば $t_1P_1A_1$ と $t_2P_2A_2$ との差は各点
に於て t_2-t_1 時に自由電荷とあつて進行して去つたものとある。
即ち本図は各瞬時に於ける拘束電荷の変化状況を示したものとあ
る。



次に是と逆に線路上の各点に於て単位時間中に其の単位長さから
拘束状態より自由状態に移る電荷、即ち各瞬時に於ける自由電
荷を考へて見るに。

第3図(B)に於て Ox を送電線上に沿つての長さ、 OQ_f を線路上単
位長さの自由電荷、 Ox を時間軸とすれば t_1, t_2, t_3 時等に
於ける自由電荷の分布は夫々 $t_1P_1A_1, t_2P_2A_2, t_3P_3A_3$ 等にて表し
得る。是等は夫々其の瞬時、即ち t_1, t_2, t_3 等の瞬時より直に
左右に等分して S なる速度にて傳播する進行波とあると92°
よりから送電線の任意点を任意時刻に過ぎ行く電荷の総
量は、其の時刻までの各瞬時に自由電荷とありたる各電荷の
中、丁度其の時刻に其の点に到達せる電荷の総量に依つて
表し得る。

例えば今、 A に t なる時刻に左より右に過ぎ行く電荷は $[t, x]$
面に於て A 点を過ぎ t 軸と $\tan^{-1} S$ の傾斜角を有する直線を

支線とし、 $[x, y]$ 面と直交に交る平面 W' と各自由電荷の分布の支線に相当せる電荷の大きさの総合値 (図の陰影部分) の値とある。

斯う如く各瞬時に於て送電線上の一定点を通過する電荷と其の時点との関係を求むれば、減衰を考慮せざる限り、進行波の波形は容易に之を知り得るものである。

又とは雷放電に依つて架空送電線に發生する誘導電壓並びに進行波の波高及び波形の算定法及び図解法を示したものであるが、實際の送電線に於ける此等の實測値を述べるには限定せられたる紙数が許さぬ故省略する事とす。

唯だ大体其の程度を示すあらば

誘導電圧最高値は 50 ~ 75 kV 程度で放電直前に於ける地表面附近の最大電位傾度 (kV/米又は kV/呎) g の實測値に就ては最も大なる g の實測値即ち雷直下の値は 100 ~ 200 kV/米に達し最大 280 kV/米ある値を得られ得る。

第二章

架空地線の雷誘導に対する保護効果

雷の誘導作用により架空地線の上に拘束電荷を生じ雷雲相互間の放電又は大地への放電に依つて其の拘束電荷が自由電荷となり、該地線とを進行波として傳播するに至る機構は第一章第一節、第二節第一圖、第二圖(A)(B)(C)第三圖(A)(B)の各圖に示した架空送電線とに於けるものと全く同様である。唯兩者の差異は送電線條に於ては、其の両端若しくは其の一端のみにて接地されるに居るか、又は全く斯る接地が無い僅かに全線に沿つて分布した漏洩が存在するに反し、架空地線の場合は各鉄塔(150~450米)若しくは等基置きの木柱(150~500米)に於て前者の漏洩に比較しては殆んど完全接地に近い接地をなされるに居ると云ふ事である。従つて架空地線に於ける進行波は、是等の接地点附近の線路定数並に接地抵抗値に依りて、反射侵入を蒙り、多きは著しく急速に其の波形、波高を減ずるに至るものである。

又是と同一鉄塔上に架設せられるに居る送電線導体とに於ては、此の地線と電氣的に相當密接なる結合を有するものであるから、架空地線上の進行波の消長は直に導線上の進行波に影響を及ぼすものであり、其の接地点附近に於ける相互作用の結果は特に大なるものがある。以下順次説明を加へると、先づ最も洞察し易き場合として送電線から見た架空地線の存在を純靜電的に取扱ひ得るものと假定して、其の雷誘導作用に対する保護効果の概念を掴まんとする。

第一節 架空地線の靜電遮蔽作用

最も簡單なる例として第4圖の如く唯一條の導線と之に平行に任意の相互間隔並に相互位置を有する一本の架空地線とが大地上に架設せられる場合を考へて見る。

一つの雷雲に依つて生ずる地上附近の電位傾度は既述の如く何れも殆ど等しく之を g と置き得るのが普通であり、之に依つて生ずる架空地線上の電位は

$$V_0 = gR.$$

茲に g ; 地表面附近の最大電位傾度 (KV/米又ハ KV/呎)

h ; 架空地線の地表上の高さ (米又ハ呎)

又全一理由より地表上に架空線等の存在する事より雷雲の電荷分布は実用上何等変化を受けおこし得るものと看做し得る。

送電線上及び架空地線上

の単位長当りの拘束電

荷を夫々 Q_1, Q_2 とすル

は上記雷雲に因つて生

ずる電位傾度 (即ち

架空地線の無き時の地

上分布), 自身の有する拘束

電荷に依る電位 (雷雲

による拘束電荷 Q はある

が, 其の存在は無関係

に考慮したるもの) 及び

地線の有する拘束電

荷による電位 (全線雷

雲の存在と無関係に)

第4図 一條の送電線及び架空地線

の三電位を重ねたものの送電線並に架空地線の電位とある

ものである。即ち夫々の電位を V_1 及び V_2 とすルは

$$\left. \begin{aligned} V_1 &= h_1 g_1 + P_{11} Q_1 + P_{12} Q_2 \\ V_2 &= h_2 g_2 + P_{21} Q_1 + P_{22} Q_2 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$\text{但し } g_1 = g_2 = g$$

$$P_{12} = P_{21}$$

茲に P_{11}, P_{12}, P_{22} 等は電位係数, h_1 及び h_2 は送電線及び架空地線の地表上の高さである。

各項は夫々上叙の三電位に該当する。

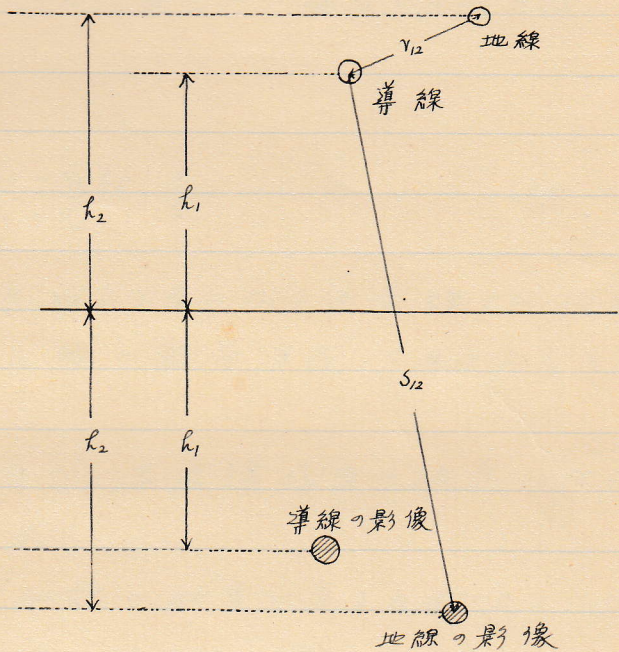
然るに雷放電前に於ける電界の変化の比較的緩徐なる間は略々

$$V_1 = 0, \quad V_2 = 0$$

と看做し得るものである。故に (1) 式は

$$\left. \begin{aligned} h_1 g + P_{11} Q_1 + P_{12} Q_2 &= 0 \\ h_2 g + P_{12} Q_1 + P_{22} Q_2 &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

とあり、是より送電線上の拘束電荷 Q_1 を求むれば



$$Q_0 = \frac{-P_{22}h_1 + P_{12}h_2}{P_{11}P_{22} - P_{12}^2} q \quad (b)$$

とある。

是より又第4図に於て地線を取除き、即ち架空地線を有せざる送電線上の拘束電荷 Q_0 は今様にして

$$Q_0 = -\frac{h_1}{P_{11}} q \quad (c)$$

故に地線の存在する場合と然らざる場合との送電線上の電荷の比を求めれば

則ち (c) 式より、

$$\frac{Q_1}{Q_0} = \frac{P_{22}h_1 - P_{12}h_2}{P_{11}P_{22} - P_{12}^2} \cdot \frac{P_{11}}{h_1} \quad (2)$$

是即ち架空地線を添加する事に依る送電線上の拘束電荷の減少率、即ち架空地線の静電遮蔽作用を表示する所の関係式である。

尚二三の数値例を附して本保護作用の概念に附き一層明確ならしめんとす。

(1) 送電線及び架空地線の配置が定まれば、夫々に關聯した電位係数は容易に之を求むる事が出来る。

今以上に示したる線路状態にて送電線及び架空地線の地表上の値並びに其の間又は各影像に対する距離が第4図に示したものとすれば尚且其の相互關係位置が相当長間保たれるものとすれば、近似的に

$$P_{11} = 2 \log \frac{2h_1}{r_1}$$

$$P_{12} = 2 \log \frac{s_{12}}{r_{12}}$$

$$P_{22} = 2 \log \frac{2h_2}{r_2}$$

但し茲に $\log$ は自然對數、 r_1 並びに r_2 は夫々導線並に地線の半径である。今是等の値に適當なる數値、例へば

$$r_1 = 10 \text{ 毫米} \quad h_1 = 10 \text{ 米}$$

$$r_2 = 5 \text{ 毫米} \quad h_2 = 11 \text{ 米}$$

と與へ、架空地線は送電線の直上にあるものと考へれば (2) 式より

$$\frac{Q_1}{Q_0} \div 0.68$$

とあり、斯る場合の架空地線の静電遮蔽効果即ち其の存在に依る送電線上の拘束電荷は約 32% の減少を來す事とある。

高度一定の h_1 即ち一定の送電線の高さに対する架空地線 h_2 の種々の高さ及び相互距離 r_{12} に対する其の保護効果を実験的に求めた結果を示すと、第1表の如くで測定の便宜上 Q_1 並に Q_{10} なる相対電荷を直接測定する代りに、送電線の電位即ち放電直後に発生した自由電荷による電位を測定した頗る近似的なものである。併しこれから必ずしも絶対値の測定を必要とせず Q_1/Q_{10} の比即ち之に相当する遮蔽効果を求めるを目的とするものであるから、之を題記の一例として採用すると略々大過おきないのである。

尚ほ之は架空地線の存在せざる場合に於て送電線の誘導電位を E_0 之を有する場合のそれを E_1 とし、

$$\frac{E_1}{E_0} = \frac{\text{地線の存在せる時の電位}}{\text{地線の存在せざる時の電位}} = \text{保護率}$$

と呼び r_{12} の代りに両線の水平距離

$$D = \sqrt{(r_{12})^2 - (h_2 - h_1)^2}$$

を用い第4図を表したものである。而して h_1 の値を 50 並に 80 呎の二値に取った場合に於て $D=0$ 即ち導線の直上に地線の存在する時、 $D=10$ 呎及 $D=20$ の関係位置に対する h_2 の種々ある高さとの保護率とを與へたものである。

第 1 表

一條の送電線及び架空地線に於ける保護率

$h_1 = 50 \text{ 呎}$						
D 呎	h_2 の 數 値					
	60 呎	70 呎	80 呎	90 呎	100 呎	125 呎
0	0.41	0.48	0.53	0.58	0.63	0.73
10	0.45	0.50	0.55	0.59	0.64	0.74
20	0.51	0.53	0.57	0.61	0.65	0.75
$h_1 = 80 \text{ 呎}$						
0		0.00	0.39	0.43	0.52	0.61
10		0.39	0.41	0.45	0.54	0.63
20		0.44	0.45	0.47	0.56	0.65

(3) 最後に送電線並に架空地線の各種配置及び使用数に対する静電遮蔽効果乃至上記保護率を模型を使用し(右関係距離を実際の送電線の平均比に取りしもの)実験的に

電線は第2表の如きである。表に於て1, 2, 3は附図及び導線
番号に相当し、各々の導線に対する前例と全様ある意味の保
護率を導線別に記載したものである。

而して垂直配置に於ては、同回線が地線及び大地に対し全々
同様の位置を占め居るから左回路のみで就て之を記した。

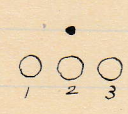
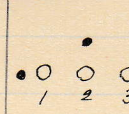
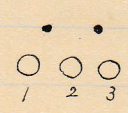
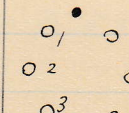
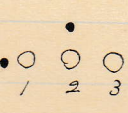
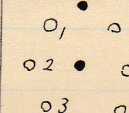
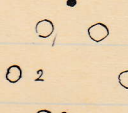
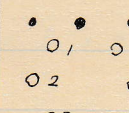
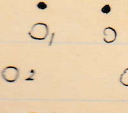
而して結果は、模型線の大小と実在の送電線と等しくした場合
の如き全様ある値を示したと報告せらるる。

以上の諸結果より注意すべき事は、架空地線の一本添架せらるる
場合は其の实用的位置の如何に拘らず(即ち必要に依りて之
を相対上方に架設する事あるし)相當の静電遮蔽効果乃至静電保
護効果を有する事、及び一本、三本と其の架設数を増加するに
比較其の効果の増大は顯著ならず⁽⁷⁾。

従つて二回線を有する送電線に於ても一本程度までの使用が経
済的に見ても當ではあからうかと思はれる点である。

第2表

水平及び垂直配置送電線に於ける架空地線の保護率

配 置		保護率	配 置		保護率
(A)		1 0.50	(F)		1 0.34
		2 0.44			2 0.28
		3 0.50			3 0.34
(B)		1 0.40	(G)		1 0.40
		2 0.34			2 0.48
		3 0.40			3 0.36
(C)		1 0.28	(H)		1 0.35
		2 0.25			2 0.35
		3 0.28			3 0.43
(D)		1 0.43	(I)		1 0.25
		2 0.50			2 0.30
		3 0.60			3 0.37
(E)		1 0.34			
		2 0.39			
		3 0.48			

第一節 放電率に比し接地点までの距離が充分に長いと看做し得る場合の自由電荷による送電線の電位。⁽¹⁾

雷雲相互間又は大地に対し雷放電があつた場合、之に依つて生ずる自由電荷即ち進行波に対する架空地線の保護効果と任意の瞬時(即ち静と電荷分布)を考へ之を静電的に取扱つて見る。

是で架空地線上に発生した進行波が、其の発生点から最初の接地点に到達するまでに相當の時間を要するに及し、雷放電に伴ひ電界の強さが一瞬にして零になる場合を仮定して見る。

即ち之を今かく實際的に言へば題記の如く、雷放電の放電率に比し架空地線の接地点までの距離が充分に長い(一般的に見て接地点間の距離が不当に大)と看做せる場合に相當する。

(更に實際問題として架空地線が發变电站の両端のみにて接地せられ居る二條の送電線の一條を架空地線と看做したる場合等に類似したものである)。

今雷放電の終了したる瞬時、即ち本假定に於ては $g=g$ より一瞬にして $g=0$ とおきたる瞬間に於ける第4圖に示したる送電線上及び架空地線上の電位を V_1' 及び V_2' とすれば前節(1)式と全様に

$$\left. \begin{aligned} V_1' &= P_{11} Q_1 + P_{12} Q_2 \\ V_2' &= P_{12} Q_1 + P_{22} Q_2 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3)$$

とあり、本假定に従ひ上記瞬時に於ては、今一雷雲に対する Q_1, Q_2 は第一節の場合のそれと全く同様であるべきである。故に Q_1 並 Q_2 を (a) 又は (b) の式より求め上式に代入すれば

$$V_1' = P_{11} \frac{P_{12} h_2 - P_{22} h_1}{P_{11} P_{22} - P_{12}^2} g - P_{12} \frac{P_{11} h_2 - P_{12} h_1}{P_{11} P_{22} - P_{12}^2} g \dots\dots\dots (d)$$

本式は明らかに

$$V_1' = -h_1 g \dots\dots\dots (4)$$

とある。即ち第一章(1)式に於ける $\alpha=0$ なる時に該当し、斯る場合の架空地線は何等保護作用をなさざることある。

之を換言すれば斯る状態に架設せられたる架空地線は、雷放電前に於ける送電線上の電荷即ち拘束電荷を其の静電遮蔽より減少すると雷放電後の電荷、即ち自由電荷の進行波を減少又は減衰せしむる保護効果は皆無あるを示す事とある。

前式に示す如く雷放電後の送電線の電位、即ち雷誘導に因つて生ずる進行波の電位は特別ある規約に依つて g の符号を與へざる限り、一般に g の正負の極性と反対符号を有する事は茲に改めて記すに足らざる事あり。

第三節 放電率に比し接地点までの距離が充分に短い場合。
前節に及し架空地線が理想的な場合を仮定して、前節と同様に論じて見る。たう。

前例に倣ひ之を少しと實際的に言へば題記の如く放電率に比して接地点（完全接地）までの距離が充分に接近して居る場合に相当する。即ち雷放電に因つて時々刻々架空地線上に現れた自由電荷は其の瞬時瞬時に該点の電位を零にする如き條件に従ひ大地に導き去られる事とある。

今斯る場合の送電線の電位を V_1'' 架空地線上の電荷を Q_2'' とし、送電線上の拘束電荷は第一節に於けると同様に雷放電と同時に其の総てが自由電荷となりしものと仮定すれば、其の自由電荷は第一節の (b) 式に示す Q_1 とある。従つて以上の假定の成立する範囲に於ては

$$\begin{cases} V_1'' = P_{11} Q_1 + P_{12} Q_2'' \\ 0 = P_{12} Q_1 + P_{22} Q_2'' \end{cases} \quad (5)$$

(5) 式と (6) 式とより Q_2'' を求めるは

$$Q_2'' = -\frac{P_{12}}{P_{22}} Q_1 = \frac{P_{22} h_1 - P_{12} h_2}{P_{11} P_{22} - P_{12}^2} \cdot \frac{P_{12}}{P_{22}} g \quad (e)$$

$$\begin{aligned} \therefore V_1'' &= \left(P_{11} - \frac{P_{12}^2}{P_{22}} \right) \left[-\frac{P_{22} h_1 - P_{12} h_2}{P_{11} P_{22} - P_{12}^2} \right] g \\ &= -\frac{P_{22} h_1 - P_{12} h_2}{P_{22}} g \quad (f) \end{aligned}$$

然るに (4) 式より

$$V_1' = -h_1 g$$

故に之を (f) 式に代入すれば

$$V_1'' = V_1' + \frac{P_{12}}{P_{22}} h_2 g \quad (6)$$

(6) 式は斯る場合に於ける架空地線の自由電荷に対する保護効果を表すものである。

尚ほ (4) 式に於て説明を加へし如く V_1'' と反対方向を正とす

よりあるから、茲に兩者の極性を一致せしむれば(6)式の第二項は下向き表示するを得る。

$$\frac{P_{12}}{P_{22}} \angle \theta = -V_g \quad \text{----- (9)}$$

従つて(6)式を次の如く書き改むる事を得る。

$$V_1'' = V_1' - V_g \quad \text{----- (6)'}$$

とあり、本式は近似的に送電線上の進行波に対する架空地線の保護効果を表すものであつて、 V_g の値の大と小は其の作用の顕著とあるは勿論である。即ち V_g は(9)式に見る如く、其の絶対値は明らかに $C_{12}/(C_{11}+C_{12})$ に正比例し、兩線を或限度以上に接近せしむれば其の効果は著しく大とあるものであるが、第1表に示す如き相互距離に於て其の変化に因つて生ずる差異は大であるとはあり得ない。

故に第二節、第三節を對比するに實在の送電線に於ける架空地線は、既述の如く第二節の條件即ち分布した接地の皆無であるものでなければ、又第三節の條件の如く各所に於て完全に接地されなくてはならない。従つて茲に示した兩節の價值乃至は其の實在せる架空地線の考究に資する点は接地点が良好であるばある程其の進行波に対する保護作用は第三節に接近し是と逆に接地点が離隔し其の接地が不良である程第二節に接近したものとある。即ち斯かる架空地線は進行波に対し無保護作用ある事を示すものとある。

以上三節は孰れも架空地線の存在を純静電的又は其の一瞬時に、即ち静止状態を捕へて之を静電的に取扱つたものであるが、本章の當初に於て述べし如く嚴密には勿論之を純静電的には取扱へ得ぬものであつて、特に進行波に対しは純電磁的に取扱ふべきである。

併し亦から是が嚴密なる數式解法は頗る困難である故雖も理想状態に於ける理論的關係式を導へて見るだらう。

第四節 架空地線の接地が完全なる場合の進行波。

既述の如く送電線及び其の接地線は静電的のみならず、電磁的にも結合せられ居るものであるから、地線に於ける進行波が其の接地点に於て反射、侵入等をなす時は送電線内の進行波も亦地線の接地点に相當する個所に於て一部の反射侵入を伴ひて、其の波形、波高等に変化を来すものである。而して架空地線上に生じた雷誘導波は著しく速に減少して

大地線を零電位に係つた作用するものであるが送電線とに進行波が存在する間は、其の電界の強さに相当する電流進行波が常に架空地線に誘導する。即ち送電線上に於ける進行波は多量ありと架空地線上に吸収されるに至るものである。

但し其の場合架空地線の存在に依り然らざる場合より次第により多くの進行波の減衰を来すか否かは一概に論断し難い所であつて、送電線と架空地線との電磁結合状態及び地線と大地との拮抗の大小に依つて其の場合場合に依り異なる結果を與へる。

先づ斯かる送電線と及び架空地線との進行波の変移を考察するに當り題記の如く架空地線の接地が完全である場合には就て考察するであらう。

但し、架空地線の存在する場合の送電線の波動インピーダンスは然らざる場合より小なるは勿論であるが、後述する如く其の相違は大なるものでは無い。

今送電線に加へらるゝ電圧進行波を $e = f(x - vt)$ とし、電流進行波の瞬時値を i とすると i と e の關係を保つものと仮定する。

$$e = Zi = \sqrt{\frac{L}{C}} i \quad \text{----- (1)}$$

茲に Z は線路の波動インピーダンス、 L 及 C は送電線の単位長インダクタンス及び対地静電容量とす。然る時は進行波の全電力 W は

$$W = \frac{C}{2} \int_{vt-l}^{vt} e^2 dx + \frac{L}{2} \int_{vt-l}^{vt} i^2 dx = C \int_{vt-l}^{vt} [f(x-vt)]^2 dx$$

但し、 v は進行波の傳播速度、 l は進行波の全波長、 x は進行波の進行方向に測つた距離とす。此の進行波の電力の消散する時局に対する割合は

$$\frac{dW}{dt} = \frac{d}{dt} \left[C \int_{vt-l}^{vt} [f(x-vt)]^2 dx \right]$$

然るに $f(0) = 0$ 又 $f(-l) = 0$ なるを以て

$$\frac{dW}{dt} = C \int_{vt-l}^{vt} \frac{de^2}{dt} dx \quad \text{----- (2)}$$

とある。而して進行波が単位時局進行する時に導線地線及び大地中に生ずる損失を夫々 W_c , W_g 及び W_R とし、架空地線に通ずる進行波瞬時電流を P_i 又大地中を通ずる歸電流を $(1-P)i$ とすれば

$$-\frac{dW}{dt} = \frac{dW_c}{dt} + \frac{dW_g}{dt} + \frac{dW_E}{dt}$$

$$= \int_{vt-l}^{vt} [L^2 R_c + p^2 L^2 R_g + (1-p)^2 L^2 R_E] dx \dots\dots\dots (11)$$

ここで R_c, R_g, R_E は夫々導線、地線及び大地の単位長の抵抗である。是等 R_c, R_g, R_E に就て一言して置く必要がある。導線、地線及び大地の各々に通ずる各電流は定常（准定常を含む）電流にあるを以て、導体内に於ける電流分布は電流進行波の波形に従つて導体の任意の点に於ける単位長の実効抵抗は時間と共に変化し、又任意の瞬時に就て言へば導体各点に於て一定である。例へば、波頭が急峻にして波尾が緩徐に降下する如き単一衝撃電流進行波が是等の導体内に通ずる場合に就て考へるに、ある瞬時に於て、波頭に於ける電流瞬時値のある点に於ける導体中の単位長損失と波尾に於て同一の電流瞬時値のある点に於ける導体中の単位長損失とは等しくある事にある。即ち、各導体の実効抵抗は $F(x-vt)$ なる形を以て表はする、性質を有するものである事がわかる。而して、此の F なる函数形は未だ明らかに出来てゐない。依つて今簡單のため、

$$R_c = \frac{W_c}{\int_{vt-l}^{vt} i^2 dx}, \quad R_g = \frac{W_g}{\int_{vt-l}^{vt} p^2 i^2 dx}, \quad R_E = \frac{W_E}{\int_{vt-l}^{vt} (1-p)^2 i^2 dx}$$

と考へる事とする。

進行波が単位時間に進行する間に各導体内に生ずる損失は其の波形が著しい変化をふさぐ間は W_c, W_g, W_E は殆ど不變であるとして考へる事が出来るのである。

R_c, R_g, R_E を夫々各導体の衝撃電圧に対する実効抵抗と稱する事とする。

(1) (10) (11) の三式より次の式を得る。

$$-\frac{d\ell^2}{dt} = -[R_c + p^2 R_g + (1-p)^2 R_E] \frac{\ell^2}{Z^2}$$

之れより

$$-\frac{R_c + p^2 R_g + (1-p)^2 R_E}{2CZ^2} t$$

$$\ell = \ell_0 \{$$

茲に ℓ_0 は $t=0$ に於ける電圧進行波の瞬時値である。今 $v = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ と置けば

$$-\frac{R_c + p^2 R_g + (1-p)^2 R_E}{2Z} \cdot x$$

$$\ell = \ell_0 \{$$

架空地線ありときの線路の波動イテータンスを Z' 電圧進行波の距離を傳播せる後の瞬時値を l' とすれば

$$l' = l \cdot \left\{ 1 - \frac{R + R_E}{2Z'} x \right\} \quad \dots\dots\dots (二)$$

を得。架空地線の有無による線路の波動イテータンス Z と Z' との相違は若し m のにあらざるを以て (ハ) (二) 両式より、

$$\frac{l}{l'} = \left\{ 1 - \frac{R_E m \cdot x}{2Z} \right\} \quad \dots\dots\dots (ホ)$$

を得。

但し

$$m = p[p(a+1) - 2]$$

$$\alpha = \frac{R_G}{R_E}$$

である。

若し $m \geq 0$ ならば $l \leq l'$ である。即ち、 $m > 0$ がある時は架空地線の存在する方が進行波の減衰率は大なる事を示し、又 $m < 0$ ならば減衰率が小となる事を示す。

p は地線と送電線との相互波動イテータンスに關係するものである。而して、

$$0 < p < 1$$

$$0 < \alpha < \infty$$

である。(ホ)式に於ける p 及び α は独立変数であるが、送電線との關係位置及び地線の寸法を變ずる事により、或る範囲内に於て p と α に關係が變化するが故に、今假に p 及び α を独立変数と考へ、 α をパラメーターとし、 m と p との關係を検ずれば架空地線の有無による進行波減衰に及ぼす影響がわかる。第五圖は α を媒介変数とし、 m と p との關係を示す曲線にして、 $\alpha \leq 1$ の範囲に於ては p の如何に拘らず $m < 0$ となつて居る。即ち架空地線の実効抵抗が大地の実効抵抗に等しきか又は之より小なる場合には常に架空地線の存在のため進行波の減衰は小である。

之に反して、 $\alpha > 1$ がある場合に於ては、 p の小なる値に對し $m < 0$ である、 p の大なる値に對しては $m > 0$ となる。

即ち架空地線の実効抵抗が大地の実効抵抗より大なる場合に於ては、架空地線に通ずる帰電流の割合により進行波

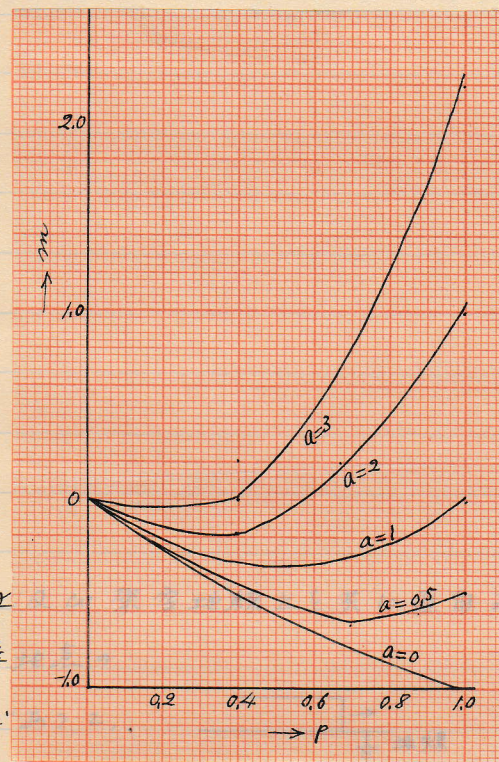
減衰は架空地線の存在のためには大とあり又は小とある。

而して、架空地線の実効抵抗が大地の実効抵抗に比し大とあるに
従つて地線に通ずる歸電流の割合が小とあるし地線の存在によ
り進行波の減衰を大とある事が出来る。

よつて、架空地線の有無により進行波の減衰が大とあるか
又は却つて小とあるかは架空地線の線種太さ並にその接地抵抗
に關係するのみならず地線電線導体との關係位置により決定さ
るゝのである事が判る。

即ち架空地線の存在する場合に於ては、常に進行波の減衰が
大とあるものであるとは限らぬと結論する事が出来る。

第五圖



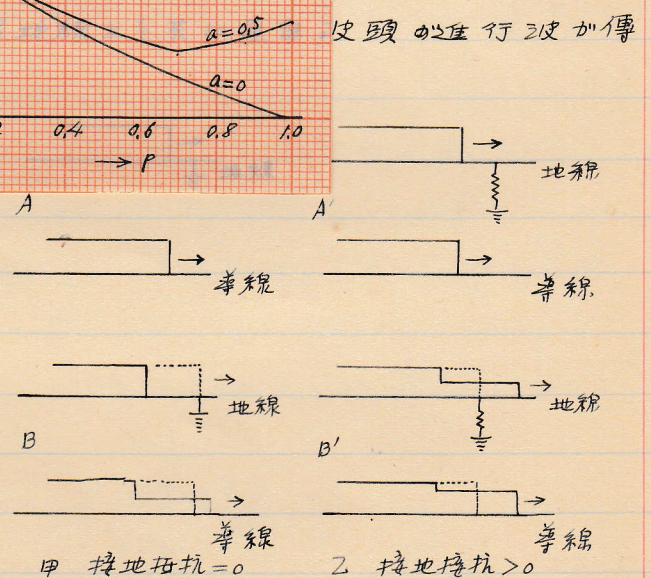
第六圖は送電線と
接地の際の完全接
影響を示したもので

(A) 図は接地点以前の進行
波、(B) は接地点を通過
した後の進行波である。

その接地点に於ける反射
状況は、特種ある場合に
於ては極めて簡單なる式
の形に導出する事が得る。

その理想状態を導く物
は第一の假定として前
諸例に倣ひ回路の損失

を全然有視する。次に並行送電線(二條以上)上の波動は相
互に長え、且是がインダクタンス又は静電容量の計算には無限に



第六圖 架空地線に於ける接地点
の進行波に及ぶ影響

長さ線條の算式を適用し得るものとする。而して最後に此の關係式の簡明化と最も必要なる計上として自己インダクタンスの計算に當つて、其の線中の値を省略し得ると假定する。

是は亦雷波動の電流変化が時局的には相當に速い爲め、表皮作用により導体中の電流は全き表面に集つて流れると考へれば一応解得し得る事である。

而して此の假定をあたしたる結果として表式の形が著しく簡明となつて、取扱ひは容易となる。

例へば"並行二線條の場合に就て見るに、若し最後の假定をあたざりしものとすれば、其の基本式は、 k_{11} , k_{12} , k_{22} を夫々單位長當りの静電誘導係數 l_{11} , l_{12} , l_{22} を夫々單位長當りの電磁誘導係數とする時 (距離を x に示す)。

$$\left. \begin{aligned} -\frac{\partial i_1}{\partial x} &= K_{11} \frac{\partial \phi_1}{\partial t} + K_{12} \frac{\partial \phi_2}{\partial t} \\ -\frac{\partial i_2}{\partial x} &= K_{12} \frac{\partial \phi_1}{\partial t} + K_{22} \frac{\partial \phi_2}{\partial t} \\ -\frac{\partial \phi_1}{\partial x} &= l_{11} \frac{\partial i_1}{\partial t} + l_{12} \frac{\partial i_2}{\partial t} \\ -\frac{\partial \phi_2}{\partial x} &= l_{12} \frac{\partial i_1}{\partial t} + l_{22} \frac{\partial i_2}{\partial t} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (a)$$

とあり。

是等の式を解けば ϕ_1 , ϕ_2 , i_1 , i_2 は夫々左右に進行するに其の傳播速度を異にする四つの任意函數 f_1 , f_2 , f_3 , f_4 の波動に依つて表される。今此の中右側の波動のみを取れば

$$\left. \begin{aligned} \phi_1 &= Z_{a2} f_2 \left(x + \frac{k_2}{h} t \right) + Z_{a1} f_4 \left(x + \frac{k_4}{h} t \right) \\ \phi_2 &= Z_{b1} f_2 \left(x + \frac{k_2}{h} t \right) + Z_{b2} f_4 \left(x + \frac{k_4}{h} t \right) \\ i_1 &= f_2 \left(x + \frac{k_2}{h} t \right) + f_4 \left(x + \frac{k_4}{h} t \right) \\ i_2 &= \alpha_1 f_2 \left(x + \frac{k_2}{h} t \right) + \alpha_2 f_4 \left(x + \frac{k_4}{h} t \right) \end{aligned} \right\} \dots\dots (b)$$

とある但し

$$\alpha_1 = \frac{1}{b_1} \left[\frac{2(a_1 a_2 - b_1 b_2)}{(a_1 + a_2) + \sqrt{(a_1 - a_2)^2 + 4b_1 b_2}} - a_1 \right]$$

$$\alpha_2 = \frac{1}{b_1} \left[\frac{2(a_1 a_2 - b_1 b_2)}{(a_1 + a_2) - \sqrt{(a_1 - a_2)^2 + 4b_1 b_2}} - a_1 \right]$$

$$a_1 = K_{11} l_{11} + K_{12} l_{12} \quad a_2 = K_{22} l_{22} + K_{12} l_{12}$$

$$b_1 = K_{11} l_{12} + K_{12} l_{22} \quad b_2 = K_{22} l_{12} + K_{12} l_{11}$$

$$Z_{a2} = -\frac{k_2}{h} (l_{11} + l_{12} \alpha_1)$$

$$Z_{a1} = -\frac{k_4}{h} (l_{11} + l_{12} \alpha_2)$$

$$Z_{b1} = -\frac{k_2}{h} (l_{12} + l_{22} \alpha_1)$$

$$Z_{b2} = -\frac{k_4}{h} (l_{12} + l_{22} \alpha_2)$$

2"あり, k_2, k_4 は

$$(a_1 a_2 - b_1 b_2) k^4 - (a_1 + a_2) h^2 k^2 + h^4 = 0$$

ある四根中の

$$k_2 = -\frac{h}{\sqrt{2(a_1 a_2 - b_1 b_2)}} \sqrt{(a_1 + a_2) + (a_1 - a_2)^2 + 4b_1 b_2}$$

$$k_4 = -\frac{h}{\sqrt{2(a_1 a_2 - b_1 b_2)}} \sqrt{(a_1 + a_2) - (a_1 - a_2)^2 + 4b_1 b_2}$$

の二つである。

更に

$$Z_{11} = \frac{1}{\alpha_1 - \alpha_2} (a_1 Z_{a1} - a_2 Z_{a2})$$

$$Z_{12} = \frac{1}{\alpha_1 - \alpha_2} (Z_{a1} - Z_{a2})$$

$$Z_{21} = \frac{1}{\alpha_1 - \alpha_2} (a_1 Z_{b2} - a_2 Z_{b1})$$

$$Z_{22} = \frac{1}{\alpha_1 - \alpha_2} (Z_{b2} - Z_{b1})$$

.....(c)

と置けば (b) 式は

$$\left. \begin{aligned} l_1 &= Z_{11} i_1 + Z_{12} i_2 \\ l_2 &= Z_{21} i_1 + Z_{22} i_2 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (d)$$

とあり l_1, l_2 は i_1, i_2 の次に2表はする。又全様に i_1, i_2 は l_1, l_2 に2表す事出来る。

併し (d) 式に2は波動の函数は f_2, f_4 の二つであるが、是が例題を取扱かに当り、其の式の複雑化を免る得あり。

故に上記の諸假定をする。即ち第三の假定を加ふる時は著しく結果の價値を損ずる事ある巧に複雑を免る。

即今之に、 h_1 を1の線の地表上の高さ、 r_1 を導線半径、 a, b を夫々1の線の及び2の地表下の影像より2の線までの距離とし (第4圖の r_{12}, s_{12} に相当する) 且上記假定をふす時は

$$\left. \begin{aligned} l_{11} &= 2 \log \frac{2h_1}{r_1} \times 10^{-9} \text{ ヘンリー/線} \\ l_{12} &= 2 \log \frac{a}{b} \times 10^{-9} \text{ ヘンリー/線} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (e)$$

等とあり是等は電位係数の P_{11}, P_{12} の $1/c^2$ 倍に当る。

但し $c = 3 \times 10^8$ 米/秒 である。

即ち

$$\left. \begin{aligned} l_{11} &= \frac{P_{11}}{C^2} \\ l_{12} &= \frac{P_{12}}{C^2} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (f)$$

是より直に

$$\left. \begin{aligned} -a_1 &= a_2 = \frac{1}{C^2} & b_1 &= b_2 = 0 \\ -\alpha_1 &= \alpha_2 = 1 \\ k_2 &= k_4 = -ck \\ Z_{12} &= C(l_{11} - l_{12}) \\ Z_{21} &= C(l_{11} + l_{12}) \\ Z_{11} &= C(l_{12} - l_{22}) \\ Z_{22} &= C(l_{12} + l_{22}) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (g)$$

とあり (b) 式は

$$\left. \begin{aligned} e_1 &= Cl_{11}(f_2 + f_4) + Cl_{12}(f_4 - f_2) \\ e_2 &= Cl_{12}(f_2 + f_4) + Cl_{22}(f_4 - f_2) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (h)$$

とある。依つて

$$\left. \begin{aligned} F_1(x-ct) &= f_2(x-ct) + f_4(x-ct) \\ F_2(x-ct) &= f_4(x-ct) + f_2(x-ct) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (i)$$

とすれば e_1, e_2, i_1, i_2 は

$$\left. \begin{aligned} i_1 &= F_1(x-ct) \\ i_2 &= F_2(x-ct) \\ e_1 &= Cl_{11}F_1 + Cl_{12}F_2 \\ e_2 &= Cl_{12}F_1 + Cl_{22}F_2 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (j)$$

に表され、各々は光速に等しい傳播速度を有する進行波によ

り単一に表示される事とある。今

$$\left. \begin{aligned} Z_{11} &= Cl_{11} = P_{11}/C \\ Z_{12} &= Cl_{12} = P_{12}/C \\ Z_{22} &= Cl_{22} = P_{22}/C \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (k)$$

とすれば

$$\left. \begin{aligned} e_1 &= Z_{11}F_1 + Z_{12}F_2 \\ e_2 &= Z_{21}F_1 + Z_{22}F_2 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (l)$$

又は

$$\left. \begin{aligned} e_1 &= Z_{11}i_1 + Z_{12}i_2 \\ e_2 &= Z_{21}i_1 + Z_{22}i_2 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (l')$$

とあり、 Z_{11}, Z_{22} は自己波動インピーダンス、 Z_{12} は相互波動インピーダンスを表す。逆に i_1, i_2 を e_1, e_2 で表はせば

$$\left. \begin{aligned} e_1 &= f_1(x-ct) \\ e_2 &= f_2(x-ct) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (m)$$

$$\left. \begin{aligned} i_1 &= C k_{11} f_1 + C k_{12} f_2 \\ i_2 &= C k_{12} f_1 + C k_{22} f_2 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (m)'$$

を得る。依つて茲に

$$\left. \begin{aligned} Y_{11} &= C k_{11} = \frac{C P_{22}}{P_{11} P_{22} - P_{12}^2} = \frac{Z_{22}}{Z_{11} Z_{22} - Z_{12}^2} \\ Y_{12} &= C k_{12} = -\frac{C P_{12}}{P_{11} P_{22} - P_{12}^2} = \frac{-Z_{12}}{Z_{11} Z_{22} - Z_{12}^2} \\ Y_{22} &= C k_{22} = \frac{C P_{11}}{P_{11} P_{22} - P_{12}^2} = \frac{Z_{11}}{Z_{11} Z_{22} - Z_{12}^2} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (n)$$

ある自己及相互波動アドミタンスを定義するとせば

$$\left. \begin{aligned} i_1 &= Y_{11} f_1 + Y_{12} f_2 = Y_{11} e_1 + Y_{12} e_2 \\ i_2 &= Y_{21} f_1 + Y_{22} f_2 = Y_{21} e_1 + Y_{22} e_2 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (o)$$

を得る。斯様に本方法は簡單なる結果を増へるが故に、直ちに是より n 本の並行線の式と導く事が出来る。即ち

$$\left. \begin{aligned} i_1 &= Y_{11} f_1 + Y_{12} f_2 + \dots\dots\dots + Y_{1n} f_n \\ i_2 &= Y_{21} f_1 + Y_{22} f_2 + \dots\dots\dots + Y_{2n} f_n \\ &\dots\dots\dots \\ i_n &= Y_{n1} f_1 + Y_{n2} f_2 + \dots\dots\dots + Y_{nn} f_n \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (p)$$

又は

$$\left. \begin{aligned} e_1 &= Z_{11} F_1 + Z_{12} F_2 + \dots\dots\dots + Z_{1n} F_n \\ e_2 &= Z_{21} F_1 + Z_{22} F_2 + \dots\dots\dots + Z_{2n} F_n \\ &\dots\dots\dots \\ e_n &= Z_{n1} F_1 + Z_{n2} F_2 + \dots\dots\dots + Z_{nn} F_n \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (p)'$$

(P)又は(P)'式を一見すれば明かす如く、本方法にては各線の電圧又は電流の最終関係を夫々独立したる單一進行波として導く為、相互に関係付ける事に依つて生ずる複雑さは消滅するに至る。

更に例題とし第6図(甲)の場合を式にて表して見るだらう。

是が為には(P)又は(P)'式に於て架空地線の接地点に於ける面線の電圧、電流の連続である為に必要な条件式を求めねばよい。

即ち今送電線の電圧電流に脚符1を附し架空地線のそれと脚符2を附し、浸入波に(′)を反射波に(″)を附す事とすれば直ちに次の如き関係式を得る。

$$\left. \begin{aligned} e_1 + e_1'' &= e_1' \\ e_2 + e_2'' &= e_2' = 0 \\ i &= i_1' + i_2'' \\ i_2 &= i_2' + i_2'' \end{aligned} \right\} \text{-----} (9)$$

又前述 (6) の関係式より

$$\left. \begin{aligned} i_1 &= Y_{11} e_1 + Y_{12} e_2 \\ i_1' &= Y_{11} e_1' + Y_{12} e_2' \\ i_1'' &= Y_{11} e_1'' + Y_{12} e_2'' \\ i_2 &= Y_{12} e_1 + Y_{22} e_2 \\ i_2' &= Y_{12} e_1' + Y_{22} e_2' \\ i_2'' &= Y_{12} e_1'' + Y_{22} e_2'' \end{aligned} \right\} \text{-----} (7)$$

を得る。(9) (7) 式より電流を消去計算を進む時は、 e_1', e_2'', i_1', i_2' は各

$$e_1' = e_1 - \frac{Z_{12}}{Z_{22}} e_2 \text{-----} (7)$$

$$\left. \begin{aligned} e_1'' &= -\frac{Z_{12}}{Z_{22}} e_2 \\ i_1' &= Y_{11} e_1' \\ i_2' &= Y_{12} e_1' \end{aligned} \right\} \text{-----} (7)'$$

により2 算へらるる、送電線上の反射 e_1' は單に地線の電圧と、地線の自己波動インピーダンス及び相互波動インピーダンスに依つて定まる事を知る。更に認識を深める為の數値例を擧げるより茲に $Z_{11} = Z_{22} = 500 \text{ オーム}$ $Z_{12} = 100 \text{ オーム}$ の大略數値例を擧げて計算をなせば

$$e_1' = e_1 - \frac{e_2}{5}$$

とあり、送電線上の侵入波は地線の入来波の五分の一だけ其の波高を減するを見る。即ち e_2 が e_1 に比して小なる場合には e_1 の波高値の減少割合は小となる。今仮りに $e_2 = e_1$ とすれば、地線の接地点に於ける e_1 の減少は20% に過ぎぬが、若し地線の入来波が送電線の入来波の5倍に当れば上記定数を有する送電線上の侵入波は消滅するに至る。

第五節 架空地線の接地が不完全なる場合の進行波に対する効果
架空地線の接地インピーダンスが無限大、即ち絶縁され居れば、該接地点に於て兩線上の進行波は何等特殊の作用を受けぬ事は勿論である。従つて一定の値を有するインピーダンスを通し、接地され居る場合は之の無反射と、第四節に記した負性全反射の適宜中間の特性を表すべきであるは是を説明を要せざる所あり。今第6圖(甲)と全線ある線條配置に於て、架空地線の接地点が無誘導抵抗 R を有

する時、即ち抵抗 R を通して接地された場合に於て前節の如く考察を成して見る。

第6図(2)は(甲)図に相当した図解であつて(A)'は接地点以前に於ける電線上の進行波を(B)'図は接地点を經過した後の進行波を示したものである。

此場合の關係式は勿論上述の場合と同様であつて、之を多少一般化したものである。即ち茲に於ては(7)式を

$$\left. \begin{aligned} e_2' &= i_R R \\ i_2 &= i_2' + i_2'' + i_R \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (5)$$

とすれば良い。但し i_R は抵抗 R を流下する電流である。是より e_1' , e_2' は

$$\left. \begin{aligned} e_1' &= e_1 - \frac{Z_{12}}{2R + Z_{22}} e_2 \\ e_2' &= \frac{2R}{2R + Z_{22}} e_2 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (8)$$

とあつて、接地抵抗の存在する為には明らかに送電線の侵入波の波高は完全接地の場合よりも高くなるを知る。

併し R の影響は地線の自己インダクタンス Z_{22} の値の大小に依つて其の度と異にし Z_{22} の高値ある程同一抵抗の値に於ては e_1' に及ぼす影響は少しとなる。

第三章 雷誘導から見た架空地線に対する要望。

斯く述べし如く架空地線^{架空}の作用は其の雷誘導に及ぶ保護効果のみにと甚だ複雑多岐に亘り、現在に於て其の統べてが究明するに至つたものは無い。以上前章に於て論じた諸点より雷の誘導作用に対する送電線への保護効果のみより見て要望される架空地線の施行は大体次の如し。

(1) 架空地線の導線自体に就ては、其の使用線数ヲ多数に、送電線條との距離は其の孰れに對して平均せしめ且其の値は小とし、進行波の減衰を大と為す為には架空地線の直径及比誘磁率は共に、其の抵抗値の場合に依つて差異あるを、一般的に見れば大地の全効的抵抗よりも寧ろ大と為すべき事。

(2) 接地に關しては接地点間の距離は近く、其の大地に至る距離は短く、接地抵抗、特に其の衝激波に対する値を小に為す事。

即ち架空地線の導線に關するもの及び接地に對するものは要天に大別される。

参考文献

- ① 周秀太郎 ; " 波動振動及避雷 "
- ② 坂山平一 ; " 電磁學 第一卷 "
- ③ 室井 完 ; " 日本電力會社東京送電線に於ける避雷に關する實驗 " 電気試験所研究報告 335号 昭. 7. 7
- ④ 室井 完 ; " 衝擊電圧 " 電気工學 昭. 7.
- ⑤ W. W. Lewis, C. M. Fouat ; " Lightning Investigation on Transmission Line " A.I.E.E. Trans. July 1930, P. 917
- ⑥ F. W. Peek ; " Lightning " A.I.E.E. Trans. Vol 48 April 1929. P. 436
- ⑦ F. W. Peek ; " Lightning " A.I.E.E. Trans vol 50 Sep. 1931 P. 1077.
- ⑧ W. W. Lewis. C. M. Fouat ; " Lightning Investigation on Transmission Line " III A.I.E.E. Trans. vol 52 June 1933 P. 475
- ⑨ Philip Sporn ; " Lightning Experience on 132-kV Transmission line of the American Gas and Electric Company system " A.I.E.E. Trans 1933.
- ⑩ O. Brune, J. R. Eaton ; " Experimental Studies in the propagation of Lightning Surges on Transmission lines " A.I.E.E. Trans. vol 50, Sep. 1931 P. 1132.
- ⑪ L. T. Bewley ; Trans. A.I.E.E. 1931 Sept. No. 1 P. 1

實習報告書

實習場所

東京市電氣局

實習期間

自昭和八年七月九日

至今 年八月九日

電氣工學科出

係坂 浩一

夏期實習報告

Ⅰ 概説

東京市電氣局 = 於テ的 - 一ヶ月間實習致シマシタ。其、由東京市電氣局、局員、一カナラヌ市紀切ヲ泰ウシ種々御便宜ヲ計フテ下サリ無事 = 夏期實習ヲ終リマシタ事ヲ此、報告書中、員頭ヲ拜借致シマシテ、御礼ヲ申シテ記録 = 上メテ置、次ヲデス。

サテ私、實習ハ

實習先 ; 東京市電氣局

實習期間 ; 昭和八年七月廿日ヨリ

今年八月廿日マデ

實習報告書ヲ綴ル便宜ト一応東京市電氣局、概概ヲ書ク。

東京市電氣局、技術家関係方面ハ

1. 電力課
2. 電灯課
3. 配線課
4. 工務課

ノ四課デショウ。

電力課ハ電車、電力ヲ掌フテ居リマス。從テ電車供給電力、変電所及發電所ハ此、電力課、所屬 = ナフテ居ル課デス。電灯課ハ東京市電氣局、電灯方面ヲ掌ル課デ電灯修治ノ為、変電所ハ此、課、所屬デショウ。

次 = 配線課ハ以前ハ電灯課、中 = 屬シテ居タ配線掛、如キモノガ独立シタト云フ事デアリマス。

此、課 = ハ廣尾試験場ガ有フテ内線、外線、器具、試験ヲ行フ様 = ナフテ居ル。

次 = 工務課ハ軌道其、他工務関係ヲ取扱フテ居ル様デス。ソレヲ芝浦工場ハ此、課、所屬 = ナフテ居ル。以前ハ芝浦工場ハ東京市電氣局芝浦工場トシテ独立シタ一ツ、存在デアッタガ現在、東京市電氣局、経済的危地ヲ一足ナリト脱セントスル苦肉策デアルト稱サレテ居リマス(ガ此、但ハ私ハ余リ保証出来ナイカ)

以上大体ノ所ヲ書行置キマスガ次 = 私、實習致シマシタ現場 = 就イ出来ルマデ詳細 = 項ヲ逐ウテ報告致シ

度イト思ヒマス。

私ノ実習シマシ現場ハ

- (i) 廣尾試験場 (配線課所属)
- (ii) 各変電所 (電力課...)
- (iii) 芝浦工場 (工務課...)

ノ三ヶ所ヲ日割ハ次ノ如クデシタ。即チ

- (i) 廣尾試験場 自七月廿日 至七月卅一日
- (ii) 変電所 自八月一日 至八月十日
- (iii) 芝浦工場 自八月十一日 至八月廿日

以上ノ如キ日割ヲ順次実習ヲ致シテ参リマシタ。

次ニ各現場ノ実習状況ヲ項ヲ分チテ報告スル心算デス。

② 廣尾試験場実習編 (配線課所属)

実習期日 : 自七月廿日至七月廿一日.

所在地 : 天現手車庫隣.

① 当試験場、概況

概況、編 = 記シタル如く、当試験場ハ、東京市電氣局、配線課所属デ、プライマリー次、如キ機構 = ナンテ居リマス。即チ.

(1) 内線掛.

(2) 外線掛

トノ = フ、掛 = 分ケラレテ居ル譯デ

内線掛ハ、電燈用器具ヲ主ニ試験スル様 = ナンテ居リマス。即チ.

積算電力計.

リレーター

ネオン、変圧器.

等ヲ主ニ試験シテ居リマス。

就中積算電力計、試験が主デ他、モノハ從、状態デアル。当廣尾試験場ハ、元々電燈課、所属デアツタモノ、東京市成、東京市電氣局、電力配給区域、需要家 = 取付ケル器具、試験場トシテ存在、意味ヲ有スルカラデアルト云ハテ居リマス。

斯様ノ状態デアリマスカラ、相当古カラ、積算電力計等係存サレテ居リ、内線掛、倉庫、如キハ、宛然積算電力計、樽、覽會、如キ觀カアル様ノ次第デス。積算電力計、発達變遷、跡ハ、目前 = 展開セラレ、活眠、トニハ積算電力計、改良スヤキ點モ見出サルカトモ思ハレル。

以上詳記致シマシタ様 = 積算電力計、試験が主デアルカ、此、積算電力計ナルモノ、需要家 = 取付ケルマデニハ、渡信直、検定 (及、或ハ東京市電氣研究所等デモ検定ヲ行フ) ヲ受ケネバナラヌ規定ガアルト云フ話デスカラ、当試験場 = 於テ試験シタル積算電力計モノハ、検定ヲ受ケ検定証ヲ取ラネバナラヌセンカラ、当試験場 = 於ケル試験ハ、簡單 = 行ヒ居、悪いモノハ、東京市電氣研究所 (市電デハ、此處、検定ヲ

ヲ受ケル) = 送ッ + 1。

即チ、積算電力計ヲ購入シテ先ヅ当試験場デ試験スル譯デプルカテ、簡單 = 行ヒ鬼イモノハ、調整シ極メ、鬼イモノ = 至リテハ、製作所等ハ返ス様ニ譯デス。又、鬼ウナフテ需要家ヨリ送ッタルモノヲ分解シテ整備シテ用セ、検定ヲ受ケテ使フ為、修繕ヲナス。

又、リレー、ター、ネオン、変圧器、等々、器具、試験ニ求メ = 応ジテ行ッ様 = ナフテ居リマス。

次 = 外線掛デプルカ、外線掛ハ、外線用、器具、試験ヲ主 = 取扱フテ居リマス。内線掛 = 旁シテモ良イ様ニ、外ヲシテ居ル部分モプルカ、主 = 外線用器具ヲ取扱フテ居ル様デス。

即チ、

(配電用) 変圧器

電線

電球

電球

電気扇

等、試験、及電気扇、修理、デプル。

変圧器ハ主 = 10 kVA, 15 kVA, 20 kVA / モノデ、私ガ当試験場実習中 = ハ日立製、変圧器ヲ購入シテ、為メ、又、山 10 kVA, 15 kVA / モノ、カプリマシテ、当試験場、職員方ハ、非常 = 多クテ、極メテ、室収 90° ~ 95° 位、所デ、変圧器、試験ヲ行フテ居リマシタ。(勿論、私モ其ノ中 = 入ッテ、実習サシテ、頂イシ譯デス。)

電線ハ、大キ + 木槽中 = 約 = 三日入シテ、置イテ、カテ、対圧、試験ヲ行フテ居リマシタ。

又、電球、試験 = ハ、本學、照明実験室位、程度、暗室ガ、設ケラレテ居リマシタ。

而シテ、当試験場、設備ハ、本學、照明実験室ヨリ、簡單 = 出来テ居リ、實際的ニ、様 = 考ヘラレマシタ。

次 = 電気扇、試験デスガ、元ハ、相当行ッテ居タド云ッ、証デシタガ、私ガ、実習中ニ、電気扇、試験ハ、一、二、三、行ッ、行ッ、行ッ、必要モナシ。

昔、日立、芝浦、三菱等、製作所、電機会社等、製作

品、修繕ヲ行フテ居リマシタ。

此、電気廠ハ東京市電気局権限時代ニ電力需要ヲ増
加セシメガ爲ニ吾需要家ニ希望ニ依リ貸付テ居
ル。タノウデス。

③ 廣尾試験場 = 施テル實習事項.

前項 = 報告致シマシタ根 = 当試験場デハ内線掛ト外線掛ト = 分テ居リマス故. 昭和八年七月廿日ヨリ七月廿五日迄. 内線掛 = 施テ實習シ 廿六日ヨリ 三十一日迄 外線掛 = 施テ實習致シマシタ.

斯ノ如キ日程 = テ当試験場 = 施テ實習致シマシタル故. 實習事項モ 内線掛 = 施テルモノト 外線掛 = 施テルモノト = ツ = 分テテ實習事項ヲ報告シマス.

① 内線掛 = 施テル實習事項.

私ハ 内線掛 = 施テハ 主トシテ 積算電力計, 試験ヲ行ヒマシタ.

實習中 丁交 = 三菱電機株式会社製 需要表 = 取付タル 積算電力計, 請入 試験ヲ行フテ居リマシタモノデス. 試験 = 手傳フテ實習致シマシタ.

此ノ積算電力計ハ 日本工藝委員会, 規定 = 準ジテ 購入スル 契約ナル故. 工藝委員会, 仕様書 = 各ヲサレモノハ 不適合トシテ 三菱電機 = 返却シテ了ラシクデアリマス.

東京市電氣局 = 施テモ 日本工藝委員会, 仕様書ト同じ根 + 仕様書ヲ作ツテ居リマス.

日本工藝委員会, 仕様書ハ 電氣學會雜誌, (昭和七年十一月号 = 記載サレテ居リマス) 参考, 為メ 記入シテ 誤デアル.)

私, 實習シタル事項ハ = 三菱電機製, 積算電力計, 試験デ 次, 東京市電氣局, 仕様書 = 大体依ツテ行フテ 誤デス.

今 東京市電氣局, 積算電力計, 仕様事項ヲ 記入シマス.

積算電力計 仕様事項.

1. 絶縁抵抗.

計器ハ 其ノ 附属物 (裏成巻ヲ除ク), 絶縁抵抗ハ 200 volt 及至 500 volt, 直流電圧ヲ加フテ 次, 値ヲ得スルモノタルベシ.

電気回路ト外回路 5×10^{-4} 以上

電流回路ト電圧回路 2×10^{-4} 以上

2. 絶縁耐力.

計器及其、附属物(変成器ヲ除ク)、電気回路、外回路ト有スル絶縁耐力ハ計器、定格電圧ニ依テ次、区別ニ依ル交流電圧ヲ以テ試験シ一分百ニ耐スルモ、タルバシ。

但シ変成器付計器、場合ニ在リテハ計器、試験電圧ハ「1000 volt」トス。

計器、定格電圧	試験電圧
---------	------

500 volt 以下	1000 volt
-------------	-----------

500 volt ヲ超過スルモ、定格電圧、ニ倍。

3. 電力損失及電圧降下.

(1) 電流回路.

電圧降下	電力損失
------	------

交流回路用計器	1 volt 以下	10 「ワット」 以下
---------	-----------	-------------

(2) 電圧回路

交流回路用計器	250 volt 以下	2.5 watt 以下
---------	-------------	-------------

4. 誤差.

(1) 計器、誤差ハ定格電圧(交流計器ニ於テハ更ニ銘用周波数、 $P.f. 1$)、 F = 定格電流ヨリ其、十分一ニ至ル間ニ於テ試験シ $\pm 4\%$ 、限交ヲ超過セザルモ、タルバシ。誘導回路用計器ニ在リテハ更ニ定格電圧、定格電流及記銘周波数、 F = カ字 1.2、0.5 (達電流)、 B = 於テ試験シ其、誤差ハ 4% 、限交ヲ超過セザルモ、タルバシ。

(2) 計器ヲ附属物ト共ニ使用スル場合ニ於テモ其、附属物ガ計器ニ對シテ特定ル場合ニハ其、合成誤差ハ前條、限交ヲ超過セザルモ、タルバシ。

(1) 計器、定格電圧ニ於テ定格電流ヨリ其、十分一負荷ニ至ル電流、変化ニ對シ其、誤差、変化ハ 3% ヲ超過セザルモ、タルバシ。計器ニ十分一負荷ニ於テモ其、周板、速度成ルバシ不同ナキモ、トス。

(二) 計器、定格電流 = 於テ電圧電圧、 $\pm 10\%$ 、電圧、変化
= 對シテ其、誤差、変化、 1% 以下ナルベシ。

(三) 計器、定格電圧、定格電流、 $p.f = 1$ = 於テ記録周波
数、 $\pm 5\%$ 、周波数、変化 = 對シテ誤差、変化、 1%
ヲ超過セザルベシ。

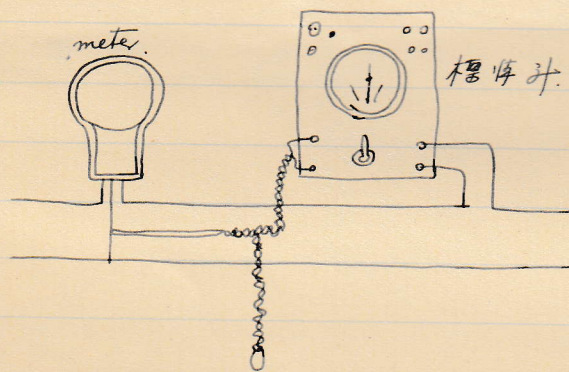
(四) 交流誘導回路用計器 = プリマ、定格電圧、定格電流
及記録周波数 = 於テ 1 以下 0.5 (遅電流) = 至ル $p.f$
、変化 = 對シテ其、誤差、変化、 2% ヲ超過セザルベシ。

5. 過負荷試験.

計器、全負荷、 25% 、過負荷 = 於テ 2 時 30 分 繼續使用
スルニ依リ、其、持性 = 永久的变化ヲ生セザル
ベシ。

積算電力計誤差試験法.

1. 迴轉標準計 = 依ル試験.



2. 「stop watch」及指示計器 = 依ル試験.

以上 = 二方法中本試験場 = 於テ (1) 方法 = 依ル。

以上、如キ仕様書ヲ $P.L.$

和達、実習 = 於テ誤差試験法、(1) = 依リ標準トスル
一ツ、積算電力計、誤差ヲ測定シ出スル $\% error$ 、 11 、
ナル如ク調整シ、他、被試験計器ヲ $series$ = 接続シテ
其、積算電力計 = 合スルニ調整スル。

和、行フテ、誤差試験ヲプリマシ。

誤差試験、dataヲ持合セテ 1 回誤差試験ヲ行フ結果
電圧特性、力率特性、負荷特性ヲ知リマシ故其、
大体、curveヲ記録シテ置キ度イト思ヒマス。

次 = 書キマス 特性ハ 交流單相 = 線式 100V 10A 50 $\sim$
 Revs/kWH 3750 1 $\sim$ 1 $\sim$ テ プリマス。

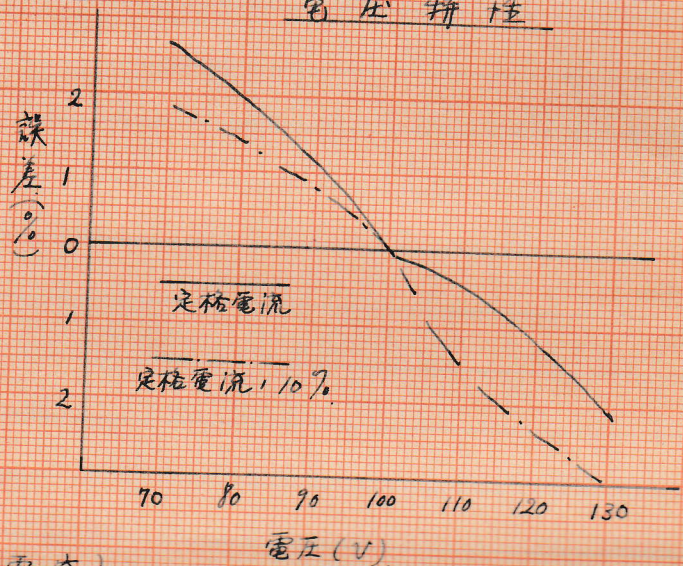
特性曲線

交流單相 = 線式

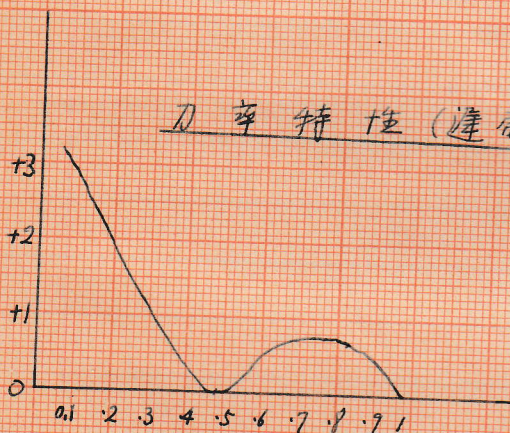
100V 10A 50 $\sim$

Revs/kWH 3750

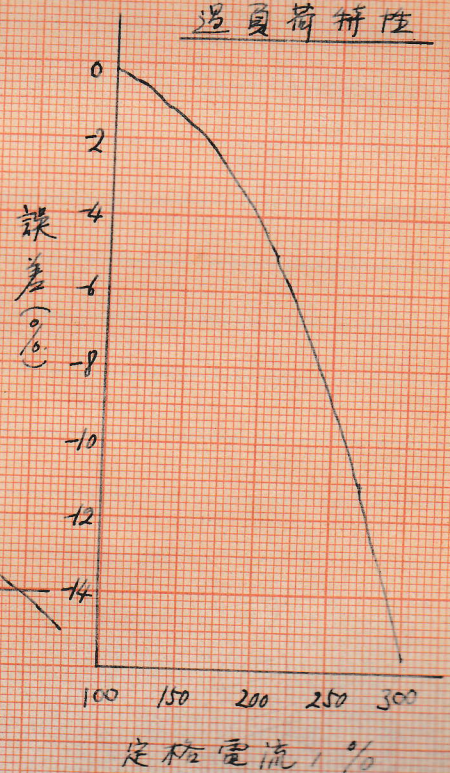
電圧特性



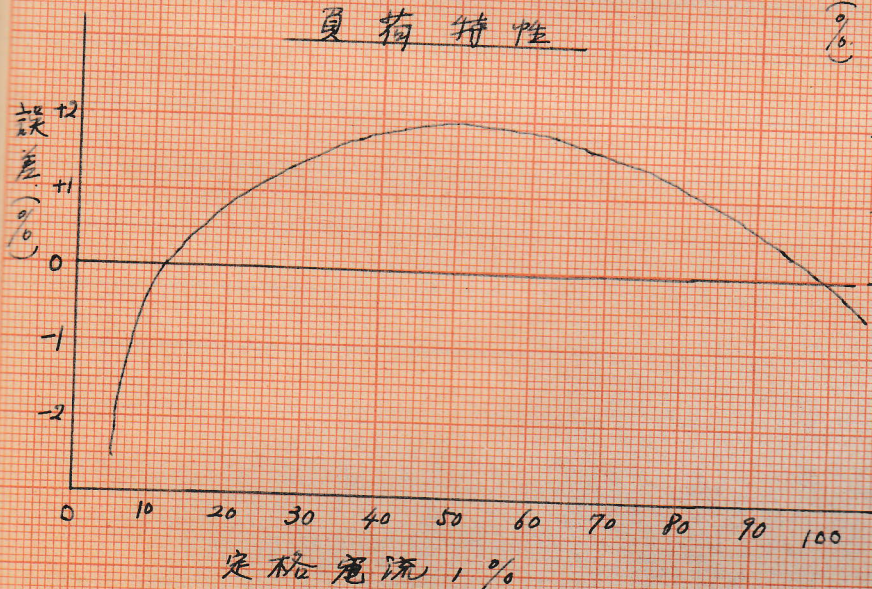
効率特性 (満電流)



過負荷特性



負荷特性



三相不平衡回路積算電力計 = 就テ実習シマシヲ。

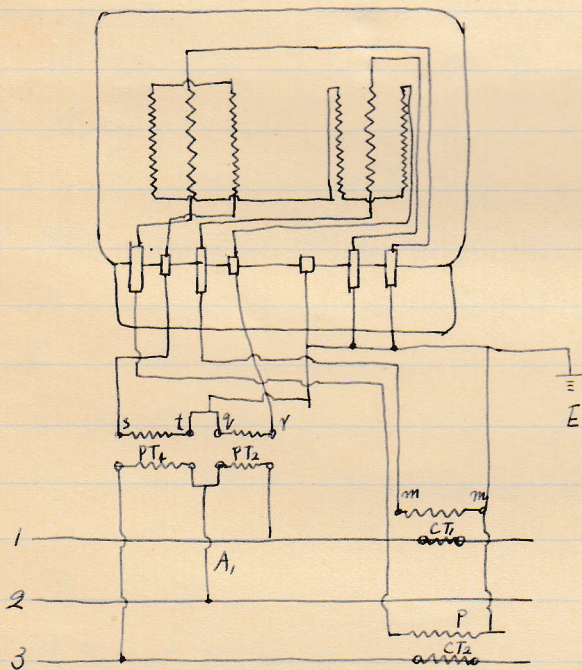
此ノ計器 = 就テ実習中集メテ組織ヲ決處 = 記銘シテ置テ度イト思ヒマス。

三相不平衡回路用積算電力計

此ノ型ノ計器ハ平衡負荷回路用、如ク負荷ノ状態 = 依リテ誤差ヲ生ズルコト無ク極端ナル不平衡負荷(單相) = 對シテモ完全ニ使用量ヲ計算スル、テアル。

然レ變流機又ハ變壓器、如ク附屬物ヲ有スル計器 = 在リテハ其ノ接線極メテ複雑トナリ同シ矢ノ方向 = 迴轉シテ居ラセ其レガ負荷ニ比例シナリ。

今附屬變壓器附計器ノ電路 = 接続スルニ當リ其ノ變壓器、中性線ヲ變流器、Pラサル線 = 接続シ且ツ同ジ相ノ變壓器、變流器、導線ヲ同相「エレメント」ノ端子 = 接続スル様注意ヲ成スナリ。其ノ接続ハ、1 2 3 4、四通 = 限ラレル。



即チ上圖 = 依リ A₁ヲ變流器、接続シ Pラサル線ニ接続シ A₂線ヲ t 端子 = 接続シ且同相變壓器 CT₁ PT₁、導線ヲ計器同相ノ端子 a, b = 大ニ接続スルコト = 依リ又 CT₂ PT₂、導線ヲ計器 cd 端子 = 大ニ接続セシム。

今斯ノ如キ方法 = 依リ計器ノ電路 = 接続シ且後一底計器、= 通電シテ其ノ接続ヲ検査スル

1 必要 P. 10.

先ノ計器 = 電動機、如キ負荷ヲ接続シテ用盤ノ回転ヲ見ルベシ

(1) 計器カ正方向 = 回転シタル場合.

(1) 接続ヲ試験スル方法.

負荷状態ヲ始メトシテ = 偶々変圧器、 Δ 並聯ヲ逆 = 計器 = 接続シ其ノ回転ヲ見ルベシ。電路カ全ク平衡状態 = シテ其ノ計器カ正接続ナルハ其ノ回転ハ全ク止ルベシ

之ノ場合計器ノ正接続 = プルモト断定シテ差支ナシ。

若シ計器カ2曲線ヲプル場合、前記ノ Δ 並聯ヲ逆 = 計器 = 接続シタルハ逆 = セザル以前ノ回転ノ約2倍ノ速度ヲ以テ正方向 = 回転スベシ。即チ = フノ單相「イレメント」ノ内一ツカ正接続 = プルヲ示スモノヲプル。

(2) 接続ヲ正シスル方法.

前項試験ニ依リ計器カ2曲線ニ相當スル接続ナリシトテ発見シタル場合其ノ接続ヲ正シスルニハ先ヅ計器ヲ元ニ接続 = 直シ計器、電圧線輪ヲ外シ計器ヲ各相毎ニ回転セシメ = フノ單相「イレメント」ノ内達回転ヲ成ス相ノ接続尤違シ居ルモノナルヲ以テ変圧器或ハ変流器ノ極性ヲ逆 = セハ正接続ヲ得ベシ。

若前同ニ於テ I 相ノ計器、接続相違シ居ルモノトスレバ m n 或ハ g r (変圧側ニテ可ナリ) 等部ヲ逆 = セハ正接続ヲ得ル。

(2) 計器カ反対方向 = 回転シタル場合.

(1) 接続ヲ試験スル方法.

(1) 1 場合ト回転方向カ反対ナルヲ以テ其ノ試験方法ハ (1) 1 場合ト全ク同様 = シテ計器カ (3) 或ハ (4) 接続ナルヲ断定シ得ベシ。

(2) 接続ヲ正シスル方法

3 接続ノ場合ハ計器ヲ各相毎ニ回転シ反対方向 = 早ク回転スル相ノ変圧器或ハ変流器ノ極性ヲ逆 = セハ正接続ヲ得ベシ。4 接続ノ場合ハ

ニツ、変圧器或ハ変流器、極性ヲ逆ニセハ、接続
ヲ得ナシ。

次ニ電流制限器、試験ヲ行フ。其、仕掛事項等ハ
省略スル。

⑩ 外線掛 = 於ケル実習事項.

前項 = 記録シタル如ク外線掛 = 於テハ transformer, 電球, 電線, 電車, 小サイ器具, 電気扇等, 試験ヲ行フヲ居ル.

私ハ外線掛 = 於テハ変圧器, 電球, 試験ヲ主トシテ行ヒ. 他ノモノハ随分行ヒ. 外線掛 = プルエ, ハ全部行ヒマシタ.

外線掛 = 於テハ東京市電燈局技手外線掛之長ニ東京市大出身, イキニ野口氏カ惣切 = 指導シテ下サイマシタ. 其ノ由, 紙トコリ市礼申ヒケル次第デス.

初テ当掛ニ於テ行ハレル変圧器, 試験ハ電気協会, 仕様書 = 準シテ居リ. = 次開放試験. short circuit testヲ行ヒ出シヨリ efficiency, voltage regulation等ハ計算ヲ出ス様 = シテ居ル.

又温度ト昇試験ハ負荷返還法 = 依リ行フヲ居リマス.

私ハ 10 KVA 15 KVA 20 KVA 等, 日立製作所製ノモノ, 試験 = 手傳ヒマシタ.

其, dataニ取リマシタカ左程大シクモ, テモ無イト思ヒマス. 此處 = 記録 = 止メテ望ム所要ニナカラウト考ヘテ省略シマス.

電球, 試験ハ種々, 電球 = 就テ dataヲ取ツタタカ學校, 照明, 実験ヲ行ツタモノト大体同ジタスカラ出シテ. 所要ノ dataトモ考ヘテナイカラ敢テ記録 = 止メマセン.

其, 他電気扇, 修繕, 電扇, 耐圧試験等モ行フヲ思ヒマシタ.

③ 当試験場 = 於テル実習結果.

以上実習事項、項 = 於テ記述シタル如ク、私ハ主トシテ電灯用器長、試験ヲ行ツテ見タ結果、電灯方面 = 於テハ一通、實際的知識ヲ得タト思フ所アリマス。
当試験場 = 於テナル実習後、感表ハ電灯器具 = 就テハ相当詳シク研究シタト思ヒマス。

④ 当試験場 = 於テル実習日誌。

七月九日 (木)

朝八時出難、場長 = 面會シテ此レカウ実習スル = 對シ宣シ、御款シテ先ヅぬ線掛、方ヨリ実習ヲ初ムルコト = シマシタ。

丁度三菱製、*watchhourmeter*、購入 = 際ニ沢山、*meter*が入ッテ居ツタ、テ、其、試験ヲ行フコト = シタ。

其、*meter*、購入、標準仕標書ハ日本工藝委員会ノ規定 = 依ル故、其、仕標書 = 合致セザルニ、ハ不合格、譴テアル。

ソコテ其、仕標書ヲ精読シテ *meter*、試験 = 手傳フタ。

七月九日 (金)

本日又前日、読ヲトシテ *meter*、試験調整ヲ行フ。

七月廿二日 (土)

本日又前日同様、其、手、隙イタヨ = *neon tube*、*test*ヲ行ツテ見タ。

七月廿三日 (日)

本日ハ休ミ。

七月廿四日 (月)

本日ハ *meter*、*test*及調整ヲ行フ。

七月廿五日 (火)

本日ハ *meter*、分解及整調ヲ行フ。

七月廿六日 (水)

本日ハ *meter*、倉庫、中ハ半日入ッテ昔カウ、*meter*ヲ見學シ *meter*、發達差違 = 付テ學バ所大テアル。

七月廿七日(木)

本日ハ neon Transformer, test 及 limiter, test 及 三相, meter, test ヲ行フテ了ル。

此等, test ハ 簡單テ 前述 シタ 科 + 仕 居 書 = 依リ 行フテ了ル, テス。

七月廿八日(金)

本日 ヲリ 外線掛, 方へ 移フテ 先ツ 掛長, 指導 テ 日 立 製 15 KVA, 変圧器, 試験 ヲ行フ。

七月廿九日(土)

本日ハ 電球, 試験 ヲ行ヒ 其, 後 絶縁物, 耐圧 試験 ヲ行フテ了ル。

七月卅一日(月)

本日 テ 此, 試験場, 実習モ 終リ ヲ告ゲルニト = ナリマシタノテ 外線掛, 方 = 取付ケラレタル 器具 ヲ 今一交 ヲ 了直シテ 別ヲ告ゲルハ, 場長 = 面会シ 実習中, 深切ヲ 深ク 感謝シ 場員一同 = 別レノ 挨拶ヲ 文シテ + 日 呂, 実習, 感謝 = フケリッ、 名 試験場 ヲ 去リマシタ。

③ 変電所実習見學

① 変電所、概説

私、変電所実習ハ自八月一日至八月十日、約十日居テ
 プリマレタ故一ツハ変電所ヲ実習スルニトハ出来ヌ
 然レド見學ニ終リマシタ。

市電、技師カ期日カ短イ故見學ヲシテ考イタ方カ
 良イト云フヲ笑シマシタモ、テ見學ニ終リテテス。
 次ニ東京市電氣局、電力系統及変電所、概説
 ヲ圖々表ニ依リ記録ニヒキマス。

軌道事業用電力供給設備概要

所名	主要電気機械	計可出力 K.W.	周波数 サイクル	供給電圧 V・ルト	位置
下谷開閉所		25	25 50	交流 6,600	下谷区仲徒ヶ =丁目6263
小沼変電所	周波数変換機 3500KW 1台 1000KW 4台 変圧器 2500KVA 2台	6500 12500	50 25 50	交流 6600 11000	荒川区尾久ヶ =丁目196番地
下谷変電所	迴路変流機 750KW 3台 迴路変流機 750 2台	1500 1750	50 25	直流 600 600	下谷区仲徒ヶ =丁目6263
春日ヶ変電所	迴路変流機 1000KW 3台	2000	50	600	山手区春日ヶ52
四谷変電所	1000KW 3台	2000	50	600	四谷区赤信濃ヶ 3番地
有樂ヶ変電所	1000KW 3台	2000	50	600	麹町区有樂ヶ 1丁目3番地、13
白金変電所	500KW 2台	500	50	600	日本橋区市墨ヶ 5番地
常盤橋変電所	500KW 1台	500	50	600	芝区白金志ヶ 51番地
駒込変電所	750KW 2台	750	50	600	本郷区駒込神 ヶ265
浅草変電所	750KW 2台	750	50	600	浅草区東仲ヶ 8番地
黒江ヶ変電所	500KW 2台	500	50	600	深川区新永代ヶ 2118番地、23
霞ヶ変電所	500KW 2台	500	50	600	麻布区霞ヶ 19番地、1号
芝変電所	1000KW 2台	1000	50	600	芝区港松ヶ =丁目=番地
飯田ヶ変電所	750KW 2台	750	25	600	麹町区飯田ヶ 5丁目36
西園変電所	1000KW 3台	2000	50	600	本所区東南角 四丁目七、一
平永ヶ変電所	水銀整流器 1000KW 2台 迴路変流機	1000 1000	50 50	600 600	神田区平永ヶ 11番地
三宅坂	1000KW 1台	1000	50	600	麹町区華ヶ 23番地
大塚変電所	1000KW 1台	1000	50	600	小石川区大塚ヶ 14番地
三輪変電所	1000KW 1台	1000	50	600	荒川区南平住ヶ 一丁目一五
八丁堀	500KW 1台	500	50	"	京橋区西八丁堀ヶ 4丁目10番地
日本橋変電所	水銀整流器 1000KW 1台	1000	50	600	日本橋区人形ヶ 一丁目一四、六号
溜池変電所	540KW 2台	540	50	600	麹町区永田ヶ 二丁目一番地

以上、如十概要デアリマス。

私、実習中霞町変電所、溜池変電所、工事中ヲアリ
マシタ。

小沼変電所が電源ヲ他、変電所 = 配電ナル様 = ナワ
店ル。

変電所ニ般覽表ヲ見ル水銀整流設備、変電所。
日本橋変電所。永平変電所。溜池変電所、エナ所
ヲ溜池ハ工事中他、新シ設備サレヌノヲス。

② 変電所見學及實習事項

変電所、實習の期は僅か十日間ある故に、短く見學を終つた後、次に次ぎます。

市電、枝路の小形変電所、四谷、白金、霞町、平永町、八丁堀、日本橋、溜池、各変電所より、中田の位置を指して見學する。他に短く全日ある故に充分と云つた話で、アツタは、私の通電機設備、自動変電所を見學する。四谷及霞町、各変電所を見學し。

水銀整流機設備、変電所を見學して日本橋溜池変電所を見學し。

又、特種自動変電所として市電、配電室、スラフ等、依り働作する。八丁堀変電所を見學しませう。

③ 實習見學結果

変電所を見學した結果、自動変電所、設備は就て、學ぶ所が少くありません。

特種自動変電所は、建設中である故に、備付の土地を見聞するに、得て、非常な便宜を得ました。

次は水銀整流機設備変電所を見學するに、依り通電機設備、変電所と比較対照して見ると水銀整流機設備、変電所、利点大いに知りました。

④ 實習見學日誌

八月一日

前日掛長は、面會して實習は、対して挨拶を交して便宜に御座りました。所、實習期は短く、故に見學するに、奇い方が得策で、エラト教へて、青焼管等、TR、戴致しました。其の持つて四谷変電所を見學しました。

八月二日

本日は前日全株四谷変電所へ行つてload、変化及び自動、操作は、付と調へて見ました。

八月三日(木)

本日は霞町変電所へ見学へ行つた。霞町変電所
へ丁度建設中デパートの故。因面、説明を主任
より聞いたら後、右機械、取付を見学した。

八月四日(金)

本日は前日同様。

八月五日(土)

本日は海老変電所へ見学へ行つた。此處は建設
中デパート、1000KV、水銀整流器、取付を行つ
た。

八月六日(日)

八月七日(月)

前々日と同様。

八月八日(火)

本日は八丁堀変電所へ見学へ行つた。此處は、
変電所、市営、局内配電室、switch=依り
自働的=働作する変電所デ、其、操作、説
明の約=時分=7分間、其、他参考=10分
大デパート。

八月九日(水)

本日は日本橋変電所へ見学へ行つた。此處は、
水銀整流器、変電所デ日本橋一帯を管轄
する所。

八月十日(木)

本日は小岩変電所へ見学した。此處は市営、電
デパート。

③ 芝浦工場実習編.

① 芝浦工場概況.

此、市電、芝浦工場、工務課所属 = して市電 = 施テ使用セル電車、修繕工場として存在スル
格 + 譯テ附属 = 自動車修繕ヲ行フテ居ル。

本工場 = 所テハ 300 名 — 400 名位、職工ヲ使用シ
芝浦 = 存在スル。

工場内ハ、鍛造職場、木工職場、塗工職場、
検査場、鍛工職場、組立職場、電工職場、
等、各職場ニ分割サレテ居ル。

私、実習ハ期日短キ故、電工職場ニ於テ実習
セル様 + 譯テアリマシタ。

② 当工場 = 所セル実習事項.

私ハ電工職場ニ於テ松本実習致シマシタ
其、期日ハ八月十日ヨリ八月廿日迄、十日間ヲ
アリマシタ。

先ヅ電車、50 馬力モーター、winding、tapping
ヲ行ヒ、其、winding ヲ以テ、モーター (Dk 25 型)
、slot = 打込ニ其レヲ仕セゲルマテ、工作ヲ行ヒ、
次ニ電車用器具 = 就テ學ビマシタ。

即チ controller、分解ヲ行フヲ掃除シテカラ組立マテ
ハセ、brakes、arresters 等、器具 = 就テ実習シ。

電車内、配線、故障点発見、及猶 motor、winding
= 就テ研究セル等、主トシテ電車器具、実習ヲ
行ヒマシタ。

③ 実習結果.

実習事項、項 = 述ハタル如ク電車用、器具及
電車一般 = 就テ學ブ所大イ = アリ。百聞一見 =
シカズ、諺ヲ痛感致シタル次第ヲアリマシタ。

④ 当工場 = 施テル 実習 日誌.

八月十一日 (金).

本日 芝浦工場 = 参リ 事務所 へ 様々 実習中,
打合セヲ行ヒ.

当工場 全体 ヲ 見学シタ.

八月十二日 (土)

私ハ 期日 カ 短イ ノ テ 電工 職場 テ 実習 スル 事 =
ナリ マシタ カ 本日 夕ヶ 時 = 検査 場 = 施テ reserve
ノ 試験 ヲ 日高 氏 ト 共 = 行ッテ.

八月十三日 (日)

八月十四日 (月).

本日ハ 電工 職場 テ 実習 スル 事 = ナリ. 私 ト 日高 氏
ト 早大 生 = 人 五ヒ 石島 君 2 名 一 名 計 五 名 0-
ワノ 組 ト ナッテ 先ヅ winding, tapping ヲ 行ッテ.

八月十五日 (火)

本日ハ motor, slot 中 21 ノ イ conductor ヲ 取出シ
其レ = conductor ヲ 入レタ.

八月十六日 (水)

本日ハ 前日, 読キ ヲ 行ヒ 全部 仕上ッタ.

八月十七日 (木)

本日ハ motor, dimension ヲ 計ッテ 見タ.

八月十八日 (金)

本日ハ 電圧, 配線, 故障 点 ヲ 見出し 修理シ
後 = controller 及ビ breaker, arrester 等, 器具 = 付テ
調バテ 見タ.

八月十九日 (土)

本日ハ DK 30 型 / winding, diagram ヲ 書ッテ.

本日 テ 丁度 一ヶ月, 実習 ヲ 終ル 事 = ナリ 電務 ヲ 下シ
如キ 感 = 打ッレ 本 方 = 伴ビ 伴ビ シタ 爲 替 = ナリ.
工場, 職員 = 厚ク 御礼 ヲ 述ベテ 辞去シタ.