

# 三菱電機

— MITSUBISHI - DENKI —

VOL. 22 No. 4

## 目 次

- 直流 1,500 V 電力回路に於けるサージに就いて ……木 村 久 男(1)  
サブマージトメルト溶接に應用せられる  
三菱 UA 型自動溶接装置に就いて ……荒 井 潔(6)  
田 中 薫  
電鐵用定電壓電動發電機 ……片 岡 高 示(14)  
DHI-1 型ラジオヒータ ……吉 田 武 彦(18)  
Heaviside 演算子法に對する新しい考察と  
その電氣回路解析に於ける應用 (XV) ……菅 野 正 雄(20)

### 新 製 品 紹 介

- 150 馬力 單胴卷上機 ……表紙二  
ダイヤトーン 48-G 型 ラジオ受信機 ……(13)  
200 耗 タービンポンプ ……表紙三

1948

三菱電機株式会社

# 直流1,500V電力回路に於けるサージに就いて

本店生産技術部 木村 久 男

## 1. 緒 言

前に東大鳳教授の御助言により、近畿日鐵、上本町営業局長影山光一氏の積極的な御指導を仰ぐ機会を得た筆者は、數回にわたつて高安車庫その他に於いて、長年月に亘り未解決の難問題として残されて居る所謂、高低混濁事故について詳細に現場の方々の御意見を聞くことが出来た。

その結果この事故の原因スイッチングサージ(Switching Surge)によるものと推定し、先づその正體を究明するべく約10日間にわたる實測計畫を申出たに對し、御多忙中多大の御便宜をはかれ、無事に豫定の實測を終了し、從來不明であつた幾多の數値を把握し得たことは極めて欣快に感ずるところである。

然るに問題はその事故防止対策の具體化である。近畿に於いては過去10年以上に亘り月平均5回の高低混濁事故が発生して居る。又最近電化された上越線に於いても、變電所の高速度遮斷器の焼損が數回あり、

電氣機關車を1年間に30輛以上も焼損して居る。尙最近汐留變電所に於ける高速度遮斷器9臺焼失と云う大事故も発生して居る。之等の事故はすべてスイッチングサージに關係ありと推定せられるものである。鐵道電化協會に於いては此の事實を問題視せられ、神戸、神田、高崎、澁川の各變電所に於いてスイッチングサージの實測を計畫され當社からも參加する機会を與えられた。

之等の實測結果に基き直流1,500V回路の絶縁協調問題が論ぜられる日も遠くはないのであるが、事故対策が確立するのは絶縁協調問題が片付くのと同時であらうことは云うまでもない。

## 2. 直流1500V饋電線に出現するスイッチングサージ

### 2. 1 測定方法

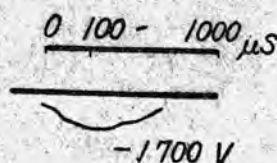
電車及び變電所の高速度遮斷器などの發生するスイッ

チングサージは各所で發生して居るものが偶然に重疊する様な場合があると極めて危険な高電壓になることが豫想される。之は人爲的に求めるよりむしろ自然雷を記録する場合と同様の方法を用いて長時間記録を續けることにより有效なるデータが得られる。

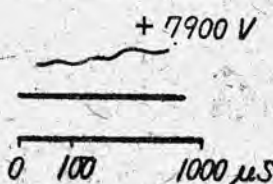
近畿の高安車庫、青山變電所並に彌力變電所に於いて臨時現象撮影用單掃引ブラウン管オシログラフを使用し、始發より終發まで連續實測を行つた。運電省の八王子變電區、神戸變電區、高崎變電區及び澁川變電區に於いても全く同様な方法で記録が得られた。

### 2. 2 測定結果

結果を表示すれば第1表の如くである。Surgeと見られる(−)波形とSwitch-off-Surgeと見られる(+)波形は大體同じ數だけ記録されたが、夫々の最高電壓は第



第1圖



第2圖

1表の如く(+)の方が危険の程度が遙かに大きい。

第1圖に高安に於ける−1.7KVのサージ、第2圖に青山に於ける+7.9KVのサージの波形を示す。多くの波形から考えて等價的に波頭200μs×波尾1000μs

測定箇所	24時間記録數	正最高電壓	負最低電壓
高安車庫 青山變電所 彌力變電所	51回	+2.5KV	−1.7KV
	75	+7.9	−0.1
	14	+2.9	−0.4
八王子 變電區	36	+4.8	−0
神戸變電區 高崎變電區 澁川變電區	97	+4.2	−2.35
	82	+2.5	+0.5
	14	+2.5	+0.6

第1表

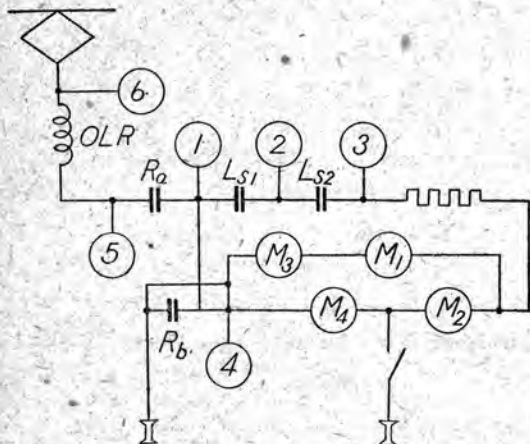
位のゆるやかなサージと見做すことが出来よう。

### 2. 3 考察

(1) 高安、青山、彌力の3箇所の記録數は夫々51、74、14となつて居り、青山が最も多く彌力は極めて少かつた。其の理由の一つとして廻轉變流器、水銀整流器、饋電線等のサージインピーダンスの事を考える必要がある。測定の結果、回轉變流器1臺の場合48Ω、2臺並列の場合

24  $\Omega$ , 水銀整流器 80  $\Omega$ , 饋電線 120  $\Omega$  となつて居る。彌力に於いては殆んど並列運轉でサージインピーダンス低く, サージをよく吸収するために記録が少く, 並列運轉に移る前後にかえつて記録が多かつた。之に比し青山の水銀整流器はサージインピーダンスが大きく, サージを吸収しない爲記録が多かつたものと思われる。高安に於いて割合に記録数が少いのは車庫の関係上饋電線が多数並列に分岐して居るのでサージインピーダンスが少く記録も青山より少かつたものと思われる。

(2) 電車自體のサージインピーダンスはモーター並列の場合 60  $\Omega$  で運轉中の電車はサージを吸収する様であ



第 3 圖

る。その例として

(イ) ラッシュアワーには却つて記録数が少い。又青山の様に單線區間で附近に他の電車がいない場合電車が通過する毎に記録された。

(ロ) 青山變電所で測定中〇時以後, 彌力變電所のみ運轉し, 電車が名張車庫に入替して居た時 Switch in 及び off の度に必ず記録した。

(ハ) 電車が近くにある時, 變電所の高速度遮斷器が飛んでもトロリー側はサージは電車に吸収されて現われなかつた。

(3) 今まで 3 KV 内外の記録しか得られなかつたのは人爲的のサージのみの記録であつて, 偶發的に之が重疊する機会もあることに気がつかない爲であつて, 今回は始發より終發まで連續長時間に亘つて測定した結果上記の様な異常に高いサージが記録し得たものと思われる。

(4) 電車の饋電線は高壓線, 特高線と並行して架設して居るので電車自體の發するサージ以外に高壓線及び特高線に於けるスイッチングサージが誘導して, 饋電線にも高電壓が生ずる虞もある。

(5) この結果から見て月に何回かは 10 KV 程度のサージが出現する可能性があると言ふことが出来る。

### 3. 電車内部で發生する Switching Surge

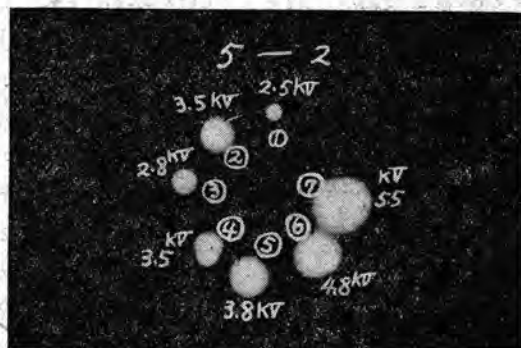
#### 3. 1 測定方法

(イ) ブラウン管による實例は, 上記 2. 1 と全く同じ方法で, 電車にブレーキをかけて, 高電壓の發生し易い個所のサージを過負荷繼電器を止つたまゝ動作せしめて記録した。

(ロ) クライドノグラフによる實例は, 電車の異常電壓の出現しそうなところ 6ヶ所に取付け, 運轉中のサージを記録した。(第 3 圖参照)

#### 3. 2 測定結果

(イ) ブラウン管の記録中最高的ものは 800 A で過負荷繼電器が動作した時, その (-) 側に 7.4 KV と云う



第 4 圖 クライドノグラフによるサージ電壓測定結果, 最大記録は 5,500 V, 記録位置は第 3 圖に於ける (5) [Overload relay の (-) 側]

大きな異常電壓が記録せられた。尙, 同じ電流で同じライントレーカーが動作しても發生するサージは 5.1 KV 乃至 7.4 KV と約 50% の範圍に散らばることもわかつた。之は個々の場合のアーカの切れ味の相違の爲と思われる。

(ロ) クライドノグラフの記録は高安車庫内, 高安東青山間及び東青山彌力間の 3 回にわたつて行われた。之等の内最高は高安東青山間運轉試験の際の名張東青山間で過負荷繼電器の (-) 側に記録された 5.5 KV であつた。第 4 圖はこの場合のクライドノグラフの記録である。

#### 3. 3 結果に対する考察

ブラウン管オシシロ及びクライドノの兩記録共に最高電壓は過負荷繼電器の (-) 側に出て居る。之は今迄の高低混濁事故の統計と一致して居る。事故の發生が O.L.R の (-) 側に起るのはコイルのインピーダンスの爲にサージが押えられる結果と考えられるが, その對策として



はコイルの低圧回路乃至大地に対する絶縁強化又はその位置変更が考慮せられるべき問題であろう。

#### 4. 電気車器具の Surge Strength

##### 4. 1 試験結果

電車の高低混雑並に雷による災害防止対策の資料を得る爲に各部分に對して衝撃電圧試験を実施した。此の種のデータは今後も多數のデータを集積しなければならないが、今までに得られたものを表示すれば第2表の通りである。

被試験器具	(-)1.5~40 $\mu$ s 放電電壓	備 考
電動機整流子	18.0 KV	MT-40 新品
電動子コイル	27.2	〃 〃
ユニット スイッチ (新品)	31.2	(+)端子—低圧 ケース—括
〃	27.6	(-) 〃 — 〃
〃(使用中のもの)	11.6	(+)端子—ケース
〃	15.5	〃 — 低圧
〃	16.0	(-)端子—ケース
〃	15.5	〃 — 低圧
〃	7.5	低圧—ケース
過負荷繼電器(新品)	18.5	直流放電値 16KV
可 熔 片	42.0	
600 V 級管制器	11.2~14.4 KV	

第 2 表

##### 4. 2 二重絶縁の問題

直流の器具には二重絶縁の技術が廣く行われて居るが、上記試験結果よりすれば面白くない。二重絶縁の場合には多重間隙の理によりケースが浮いて居ない場合よりも低い電圧で破壊するかも知れないと思われたが、上記ユニット・スイッチの結果より見て破壊電圧には殆んど差異が認められなかつた。結局二重絶縁をしゝ爲に破壊電圧は高くならないし、一度破壊された場合を考えると二重絶縁なる爲、低圧側に損傷を及ぼし損害を擴大する。所謂高低混濁となるのである。此の點ケースを接地しておけば低圧側の損傷を防ぐことが出来る。とにかく衝撃特性の見地より見れば二重絶縁は全面的に廢すべきであるが、その存廢に關しては更に各方面から研究すべき問題である。

#### 5. 電車、トロリー、レール、廻轉變流器及び水銀整流器のサージ・インピーダンス

直流 1500 V 電力回路に於けるサージに就いて・木村

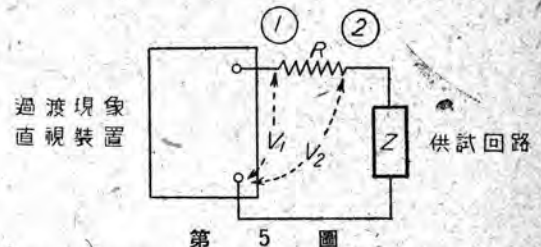
##### 5. 1 測定方法

過渡現象直視装置を用い抵抗を通して供試回路に衝撃波を印加してその前後の電圧  $V_1$  及び  $V_2$  を測定して

$$Z(t) = \frac{RV_2(t)^2}{V_1(t) - V_2(t)}$$

よりインピーダンスを求めた。(第5圖参照)

此の方法は供試回路に流入する電流波形と電壓波形が異なる場合には相當の誤差を含むことが豫想されるのであるが、線路に侵入する衝撃波が如何に傳播され、又如何に吸収されるかの概念は把握出来ると思われる。



第 5 圖

##### 5. 5 實測結果

電車自體、電車線及び各變電所に衝撃波が侵入した時の實效抵抗の測定結果の概要を表示すれば第3表の通りである。

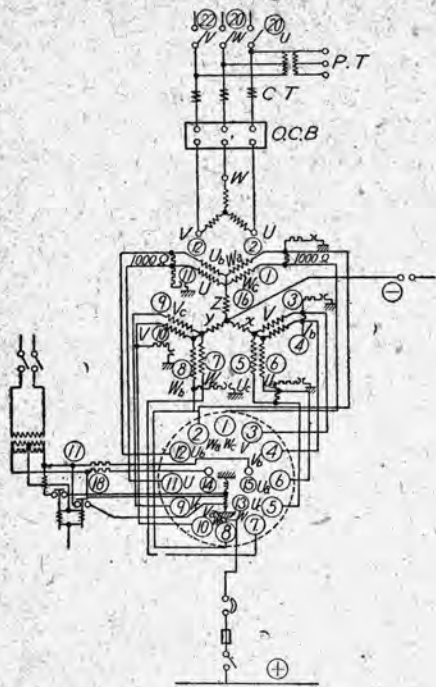
##### 6. 水銀整流器變電所に於ける電位振動

東青山變電所に於ける BBC 製 2000 KW, 1500 V 水銀整流器の變壓器一次側 33 KV 回路に、昭和 22 年 8 月に線路に落ちた雷の進行波による被害があつた。33 KV 套管が閃絡破損し水銀整流器は逆弧し配電盤を焼損した。

スイッチングサージのみならず雷の變電所に及ぼす影響を知る爲に、過渡現象直視装置による電位振動を測定した。

交流側 33 KV 回路の標準進行波 200 KV の襲来により直流側に 15 KV 以上の異常電壓の生ずる場合及び直流側より 15 KV のサージが襲来せる時それ以上の電位振動が生ずる場合を多數の實測データの中から抜き出して第4表に示す。第6圖に東青山變電所の測定中の結線端子圖概要を示す。(第4表中の符號は第6圖参照)

この結果から見ると、水銀整流器の 1500 V 側のレベルは 15 KV より遙かに低いと思われるに拘らず 15 KV 以上の多數の記録が得られた。交流側、三相一括又は一相より印加の時にも、15 KV 以上の二次電圧が得られる。直流側より衝撃波が侵入して來た場合は交流側の誘導より直接的に影響が大きく、整流器としてもインバーターとしても 15 KV 以上に上昇する部分がある。インバーターの場合が一般により大きな振動を生ずる模様である



第 6 圖

又勵磁回路の振動はかなり顯著なるものがある故注意を要する。

直流 1500 V 回路にはスイッチングサージでは 10 KV、雷では 30 KV 位の電圧が出現することが考えられるので上記結果から見て、直流側器具のレベルは現状より遙かに高いことが要求されるのではあるまいか。

### 7. 廻轉變流機變電所に於ける電位振動

彌力變電所に於ける廻轉變流機の測定回路は第 7 圖の如くであるが、衝撃波による内部電位振動状態は水銀整流器の場合より危険の程度が少い様であつた。

廻轉變流器のみの電位振動特性で危険と思われる場合は、⑦より印加、③～⑫開放、⑬接地、⑭ 500 Ω 接地の場合に、印加波形 100% に對し⑮の端子に 108.5% の異常電圧が現われた。之は配電盤裏に配線されて居る界磁巻線回路であつた。

次に變壓器 1 臺に廻轉變流器 1 臺 (L.M.) が接続され、變壓器一次側に衝撃波を印加した場合、各集電環及び界磁回路⑮の點に夫々 2.9% 及び 3.4% の電位振動を生ずる。變壓器一次側は 20KV であるから、標準波を 150 KV とすれば集電環に 4300 V、配電盤裏の⑮に 5100 V の電圧が生ずることになる。

尚、廻轉變流機 2 臺 (L.M. 及び H.M.) に變

供試回路 サージインピーダンス Ω

電車	主回路直列第 1 ノッチ	103
	並列第 1 ノッチ	58.6
	電動發電機	2900
	空氣壓縮電動機	9300
饋電線	高安車庫 大阪方面上り(2本)接地レール	115
	水道	100
	大阪方面上り下り(4本)一括	
	山田方面上り下り(3本)一括	
	接地レール	50
	東青山一線に印加 接地負饋電線	220
	雜物	180
彌力	布施上り(1 本)接地負饋電線	290
	布施上り下り(2本)一括	180
	高安方面上り	120
	高安上り、布施上り、一括	
	接地負饋電線	70
	高安上り下り、布施上り一括	
	接地負饋電線	60
	高安上り下り、布施上り下り一括	
	接地負饋電線	60
高安車庫	レール 1 本の中間に印加 (2 本分に當る)	60
	レール 1 本一括(4本分に當る)	30
東青山	負饋電線 (接地は建物)	75
彌力	負饋電線 (接地は建物)	55
	水銀整流器用變壓器二次側 (青山)	80
	廻轉變流器 1 臺 (彌力)	48

第 3 表

壓器が接続された實際の使用状態に於ける結線に於いては⑮、⑮點共に印加波より小なる振動を見るのであつて危険はない模様である。

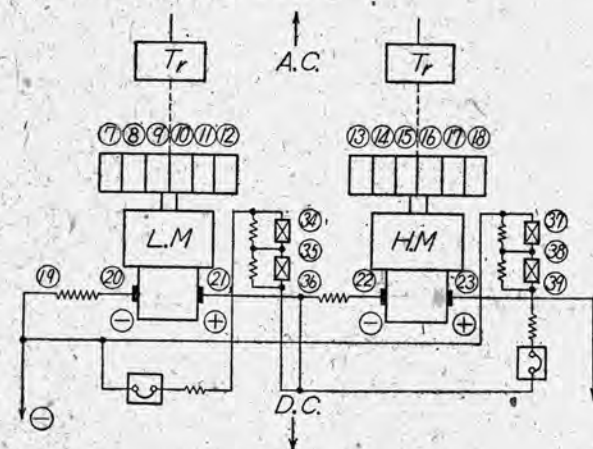
唯、前の水銀整流器變電所の場合も同様であるが、直流側から襲來するサージはスイッチングサージで 10 KV 以上、雷で 30 KV 位を豫想せられるので配電盤に直接この電圧が印加せられる結果、現在の配電盤は恐らくこの電圧には耐え得ないのではないかとと思われる。直流側の配電盤の耐壓試験等は今後重要な研究課題であらう。

電 圧 印 加	回 路 條 件	端 子	危 險 電 壓
②③ uvw 一括 [200 KV 印加の場合]	①②③④⑤一括短絡接地 せず	⑦ 鐵槽 ⑮	26.6KV 16.6 25
②③ w [同 上]	②③ u, v, 500 Ω 接地 ①②③④⑤ 一括 500 Ω 接地 ⑥ 100 Ω 接地	⑪	16
①②③④⑤一括印加 [15 KV 印加の場合]	②③ u, v, w 500 Ω 接地	⑦ ⑮	16 16.5
同 上	②③ u, v, w, 500 Ω 接地 ⑥ 100 Ω 接地	③ ⑨	15.5 16.5
[同 上]	⑥ と ③⑤⑦⑨⑪ の間に 0.1 μF を挿入	⑮	15.5
⑮	②③ u, v, w, 500 Ω 接地 ①②③④⑤ 一括 接地 ⑥③ 間 0.1 μF 挿入	⑤ ⑦ ⑪	27 36 27
③ [同 上]	②③ u, v, w, 開放 低壓側開放、中性點接地	⑪	18

第 4 表

## 8. 結 言

電車線には時々 7000 V 程度のスイッチング・サージが発生して居り、電車内に於いても同程度のスイッチング・サージが発生して居るとすれば、偶々之が重疊する様な機会があれば 10 KV を容易に超過することになり、前に行われた使用中の器具の耐圧が 10 KV 程度に低下することを思い合せれば、當然閃絡事故の発生することが豫想せられるわけである。



第 7 圖

即ち多数のスイッチング・サージが発生して居る電車系統に於いて時間的、空間的に之等が重疊する確率があるわけであつて、この確率が月平均 5 回の近畿に於ける高低混濁事故となつたものと考えられる。

事故防止対策としては

- (1) 事故が発生する電車内に既に閃絡電圧の 70% 位のサージが発生しているのであるから、之を減少せしむるを必要とする。
- (2) 電車線を往來して居るサージを吸収して相互の影響を少くする必要がある。
- (3) 電車の絶縁強化が出来れば最もよく、更に 50% も閃絡電圧が上昇すれば、高低混濁事故は皆無となるであらう。即ち使用中の状態で 15~20 KV 程度のレベルを保持することが出来ればよいわけである。

具體的な事故防止方法としては、二段切、避雷器、静電蓄電器、直流 15 KV 試験を電車の出庫前に行ふこと等が考えられるが、信號線その他の影響を考へて最も實用的な方法を考察すべきであつて、今後の重要な研究課題であらう。

1500 V 用器具の閃絡が即ち高低混濁事故となるのは所謂「二重絶縁」にその原因を發見することが出来る。

「二重絶縁」は衝擊閃絡電圧を上昇することにはならず、

直流 1500 V 電力回路に於けるサージに就いて・木村

かえつて低壓口出部の多重砂塵を誘引して電弧による火災を急速に擴大せしめるものと思われる。之を防止し、且つ現在の構造を利用する爲に、從來フロートして居たケースをフューズ (1500 V DC 用) で接地 (negative feeder) することが推奨せられる。之は唯一度の高壓器具の閃絡事故は、低壓回路に無關係にクリアアウト (Clear Out) することが出来ると思われるからである。

昭和 22 年 9 月 23 日より 10 月 4 日に至る長期に亘つて行われた近畿日鐵に於けるスイッチング・サージの實測は、伊丹製作所技術部長大中參事及び電鐵課長松田技師の御指導と御鞭撻を得て、研究所の山田、安藤、蔭山、原技師、伊丹製作所技術部小川、北川加藤技師、神戸製作所技術部片岡技師が参加し、從來未だ報告されて居なかつた多数のデータが集積せられたことは最も喜ばしいことであつた。氣候のよい時期ではあつたが、深夜作業が 6 日間もあつたことは相當の過負荷であつたが、豫定通り測定が終つたことは實測員諸氏に敬意を表する。

近畿日鐵取締役岡稔氏、上本町營業局長影山光一氏、車輛部長辛川武夫氏、工場課長片山忠夫氏、電力課長植田正一氏、赤尾公之氏、田村作松氏、その他關係の方々には、あらゆる御便宜を取はからつて下さつたことは、測定の遂行上、我々の感謝に堪えないところであつて、實驗に對する積極的な御指導、御協力と共に厚く御禮申し上げる次第である。

我々が把握し得た之等のデータに刺戟され、且つ度々の大事故に關心を持たれた鐵道電化協會では運籌省の直流 1500 V 回路についても、スイッチング・サージを實測する機会を與えるべく御骨折下さつた。そして東大電試、東芝、日立等の雷實測に練達の士を動員し、我々も之に参加することを得て事を解決せんと努めて居る。

この問題の解決は相當難しいと思われるが、不可能とは考えられない。國鐵の直流電化計畫が續々發表せられる時に當つて、スイッチング・サージの問題は、その行方に續たわる最大の技術的難問題であつて、電鐵事業者及び車輛メーカーの注視的となつて居るのも無理はないのである。出来るだけ早い機會に、この外國にも類例のない直流 1500 V の大電力網の瘤を取り除く必要があらう。



# サブマージトメルト熔接に應用せられる 三菱 UA 型自動熔接裝置に就いて

サブマージトメルト熔接に應用せられる、三菱 UA 型自動熔接裝置  
の試作に當りその構成、動作、性能、特性等について記述し、  
本機を使用して熔接を行つた結果について紹介した。

伊丹製作所  
荒田 井中 潔  
田 中 薫

## 1. 緒 言

當社に於いては夙に近代的重工業に於ける鋸鋼熔接、就中その高速化の重要性に着目し、自動熔接裝置の研究試作を行つて來た。その結果第1號機は昭和18年試作を完了し種々試験を行い、満足な結果を得たが、引續き廣く熔接機使用者側の意見を徴し種々の點に改良を加え、より簡單輕快で使用簡易、而も性能良好な新裝置の研究を行いその一部は熔接學會誌にも發表したが今回その裝置の試作を完了したので茲にその概要を報告する。

一般に自動熔接の特徴は、

- ア. 作業の高速化。
- イ. 熔接結果の均一並に優秀なこと。
- ウ. 作業者の熟練不要なこと等の點にあるが更にサブマージトメルト熔接を適用すれば、
- エ. 大徑棒を使用し大電流による熔接により作業が更に

高速化する。

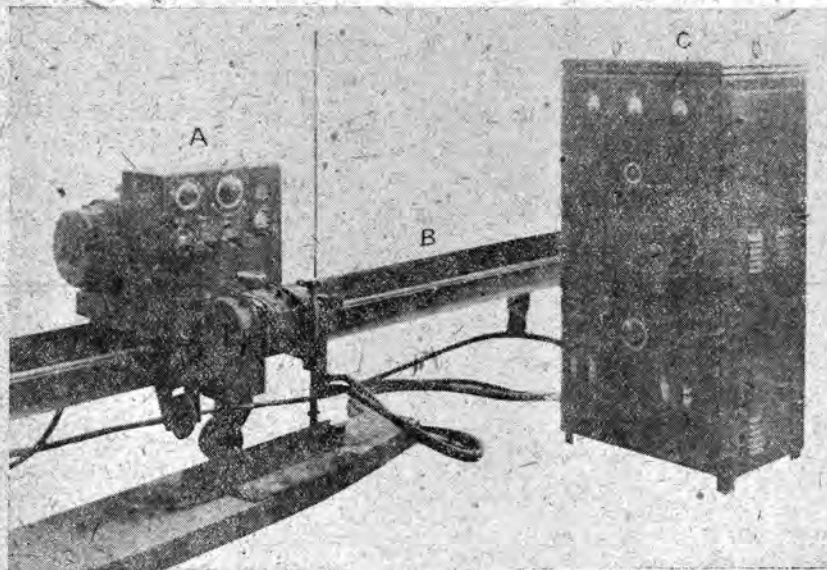
- オ. 裸電極棒使用の可能なること。
  - カ. 熔接結果の均一並に優秀性が一層向上すること。
  - キ. 作業者が電弧より發する紫外線の爲に受ける障害を防ぎ、作業中の不快感を除去し且作業を容易にする等の利點がある。
- 今回試作した自動熔接裝置は上記の特徴を有していることは勿論であるが特に
- ク. 電極棒送給の制御に電子裝置を適用し、クイックレスポンスの効果を挙げたこと。
  - ケ. 操作及調整を極めて容易なものとしたこと。
  - コ. 使用電子管の數を最小限2個に止めたこと。
  - サ. 調整範圍を自由に且、廣範圍に選び得ること。
- の諸點に依り性能の優秀、裝置の簡單、維持並に使用の簡易の實を擧げている。

以下本熔接裝置の構成、動作、性能、特性並に本熔接裝置を使用して熔接した結果について紹介する。

## 2. 裝置の構成

本裝置は大別して次の5部分より成る。

- ア. 自動熔接頭(第1圖A)  
下記軌條の上を左右に移動する臺車の上に組立てられ臺車移動用直流分捲電動機、同減速齒車、電極棒送給用  $\frac{1}{2}$  HP 直流分捲電動機(減速齒車内藏)及操作盤等が附屬して居る。操作盤には(1)熔接電源開閉用電磁接觸器の開閉を操作する操作開閉器、(2)電極棒の上下を操作する操作開閉器、(3)サイラトロン陽極回路用タンブラースイッチ



第1圖 三菱 UA 型自動熔接機

- (4) 移動用電動機の移動を操作する操作開閉器 (5) 熔接電圧計 (6) 熔接電流計 (7) 移動用電動機速度調整用抵抗器等を備えている。

### イ 軌條 (第1圖B)

型鋼並に平鋼を熔接組立せるもので脚には移動用の車を附してある。巾 450 走行行程 5400

### ウ 熔接用變壓器

220 V 電源から熔接に適當な電壓を得、併せて熔接電流の調整を行うもので下記の定格を有する。

单相輸入自冷式 120 KVA

210 V 1500 A

二次開路電壓 80 V (68 V ~ 91 V 5 段に可變)

熔接電流 300 A ~ 1500 A (可動鐵心により連續的)

### エ 制御盤 第1圖C)

鋼板製キュービクル型 兩側面扉 附 高 1200 巾 600 奥行 625  
 盤面器具 1. 直流電壓計 (移動用並に棒送電動機用)。2. 直流電流計 (移動用電動機電機子並に界磁電流及棒送電動機界磁電流合計用) 3. 直流電流計 (棒送電動機電機子電流用) 4. 電弧電壓調整器 5. 二極單投双型開閉器 (制御電源閉用及直流電源開閉用各一個) 6. 電極棒送給電動機感度調整用抵抗器。

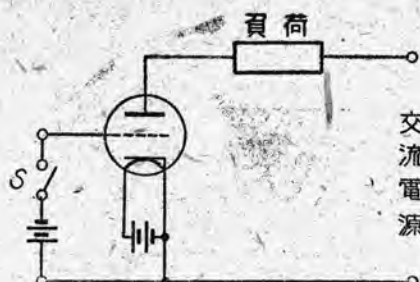
内部に取付ける器具類

- (1) 直流電源用セレン整流器 (同右用變壓器共)
- (2) 棒送電動機制御用放電管 (サイラトロン)
- (3) 同上用變壓器
- (4) サイラトロン格子制御裝置
  - a. 電弧電壓增幅用變壓器
  - b. 電流電壓整流管
  - c. 濾波裝置
  - d. 尖頭波變壓器
  - e. 移相裝置

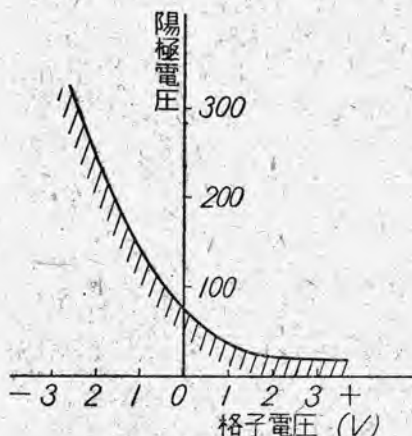
### オ 電磁接觸器

熔接變壓器一次側を開閉するもので定格は下記の通りである。

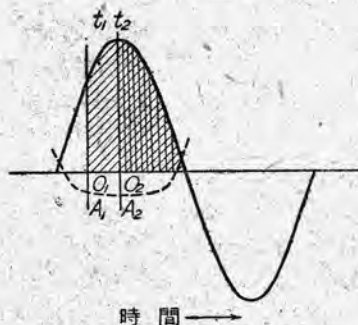
550 V 600 A



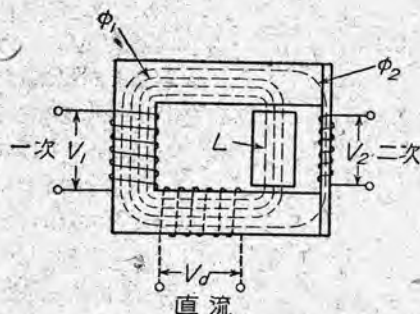
第2圖 サイラトロン結線法



第3圖 格子電圧の臨界値



第4圖 正弦波交番電壓對する格子電圧の臨界値



第5圖 尖頭波變壓器の構造

### 3. 動作

本文は電氣技術者以外の技術者に讀まれる機会も多いと考えられるので、煩雜であるが本裝置の心臟部とも稱すべき格子制御放電管及びその格子を制御する尖頭波變壓器並移相裝置等について稍々解説的に記述を加え、これ等を緯して本機能を説明する。

#### ア 格子制御放電管

(サイラトロン)<sup>(2)</sup>

格子制御放電管の一例は硝子管内を眞空とし、其中に黒鉛陽極、ニッケルの表面に酸化バリウムを塗布した陰極、及び之を加熱するためのタングステン纖條モリブデンを以て網狀とし陽極を完全に包圍する如くした制御格子を微量の水銀粒と共に封入したものである。今第2圖の如く結線し加熱纖條に電流を流し陰極を加熱すると、陰極から盛んに電子を放射する。制御格子に何等の電位も與えず (即ち S を開いておいて) して陽極陰極間に交番電壓を加えた場合には此の電子は、(電子は負の電氣を持った微粒子であるから) 陽極電位が正になつた瞬間陽極に加えられる電壓は交番電壓であるから陽極の電位は毎秒電源の周波數と同數だけ正負の電位が繰返される) 陽極に吸引せられその電氣と陽極に與えと共に、陰極陽極間に充滿している水銀の原子 (管中に水銀粒が封入されているから水銀蒸氣が充滿している) に衝突し水銀原子を電子と陽イオン (電子を失つた爲に陽性となつた水銀原子) に分解する、かくして出來た電子はやはり陽極に吸引せられ、その途中に於いては更に水銀原子を電離して電子と陽イオンを作る。この様な現象が累積して陽極には無數の電子が、陰極には陽イオンが



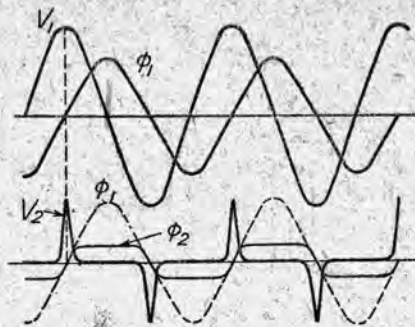
流れ込み、結局陽極から陰極へ電流が流れる（電流の正方向は電子移動方向の反対と定められているから）

然し乍ら陽極の電位が負になると其瞬間に存在した電子は陰極に、陽イオンは陽極に吸引せられて極めて瞬時の間は微少な電流が以前と反対方向に流れる（これを逆電流と云う）が、其の後は陽極が熱電子を放射し難い物質で出来ているから引續いて逆電流が流れることはなく停止する。

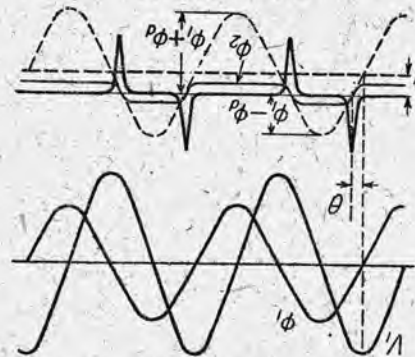
かくてこの放電管は陽極が正電位の期間のみ陽極から陰極に向う電流を許容する、即ち辨作用を有するのである。

次に格子の作用を説明する。第2圖に於いてSを閉じ格子に負電位（例えば  $-2\text{ V}$ ）を與えておくと陽極が正電圧（例えば  $200\text{ V}$ ）になつても陽極陰極間の放電は起らない。これは電子が陽極を取圍んでいる格子の負電界のために反撥せられて、格子の網目を通り抜けて陽極に達することが出来ないからである。

然し格子の負電位を小さくするか（例えば  $-1\text{ V}$ ）或は陽極の正電圧が高くなる（例えば  $300\text{ V}$  に）と格子附近の負電界が弱くなるか、或は電子の速度（従つてその有するエネルギー）が大となつて格子の網目を突破して電子が高速度で陽極に到達すると共に途中で水銀原子を電離し前記と同じ段階により大きな電流が流れる。此の状態になると放電管中には多數の陽イオンが生じていて、格子の周圍を取圍み負電界を掩いかくして了うので電子は容易に格子の網目を通過し得る様になる。此の様な状態になると格子電



第6圖 尖頭波變壓器による尖頭波發生の原理



第7圖 直流勵磁による尖頭波發生位相の變化

位、陽極電壓を元の通り（ $-2\text{ V}$   $200\text{ V}$ ）に戻しても放電は繼續される。即ち放電管の格子は放電開始の時期を制御し得るが、一旦放電が開始されたならば陽極の電壓を電弧電壓（約  $10\text{ V}$ ）以下にするの他容易に放電を中止させることは出来ない。

以上述べたことにより既に氣附かれた事と思われるが陽極電壓と其の電壓に於いて放電を抑止し得る格子負電位とは相對關係にあるもので、此の一例を曲線に表わすと第3圖の如くなる。圖中陰を附したる範圍に於いては放電開始は不可能である。例えば格子電位  $-1\text{ V}$  に對して陽極電壓  $100\text{ V}$  では放電不可能であるが  $150\text{ V}$  では放電が開始され、その後はたとえ格子電壓を  $-3\text{ V}$  にしても、陽極電壓を  $100\text{ V}$ （或はそれ以下  $10\text{ V}$  位迄）に下げても放電は止まない。

使用狀態に於いては格子制御放電管の陽極に加えられる電壓は正

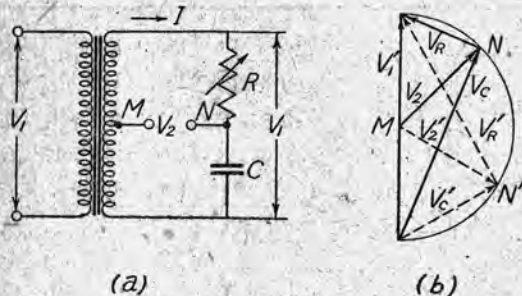
弦波交番電壓であることが多い。従つて時々刻々變化する陽極電壓に對應する臨界格子電壓の變化の關係を曲線に表わすと第4圖の如くなる。即ち  $t_1$  なる瞬間に放電を行なわしむるには、その瞬間に格子に加わる負電壓が  $0, A$  なる値以下（絶對値について）にしてやればよい、かくすれば整流電壓の波形は斜線を引いた部分となり電壓平均値はその面積に比例する、又、 $t_2$  なる瞬間に放電を開始せしめれば縦線陰影の部分の整流電壓波形と其の面積に比例した平均電壓即ち前の場合より低い平均電壓を得るわけである。

かくの如く整流電壓の平均値は陽極に加えられる正弦電壓中の如何なる位相に於いて放電を開始せしむるかにより變化せしむることが出来る。

上記の通り放電を開始せしむるには格子電位を其の瞬間の陽極正電壓に對應した電位迄高めてやる必要があるが、この様に所要の瞬時に自動的に格子電位を高めて放電を開始せしめる役を受持つのが次に述べる尖頭波變壓器であり、移相装置には放電開始の時期を人為的に調整せしめる役を受持たせる。

## 1 尖頭波變壓器<sup>(1)</sup>

尖頭波變壓器は鐵心が普通の變壓器と少し趣を異にし第



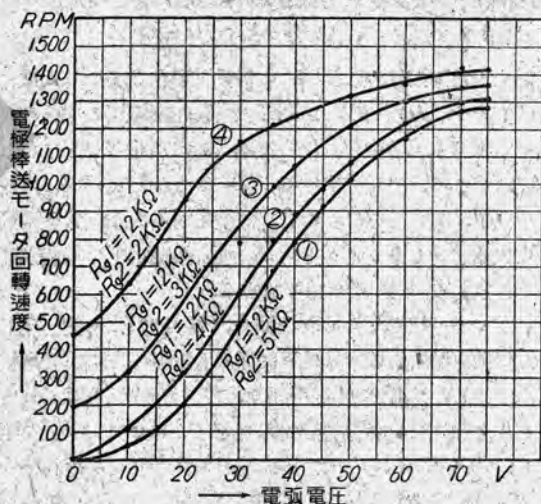
(a) (b)

第8圖 移相裝置

5 圖に示す如く二次巻線の巻いてある鐵心の断面は小さく、別に漏洩磁路  $L$  が設けられている。一次巻線に加えられた交番電圧  $V_1$  に對して鐵心中の磁束は位相が約  $90^\circ$  遅れて第 6 圖の  $\phi_1$  の如く變化する筈であるが、磁束が多くなると二次巻線の巻いてある鐵心は、その断面が小さく作られているので直ちに飽和して磁束は増えず、圖の  $\phi_2$  の如くになり残りは漏洩磁路  $L$  中を通る、元來巻線に誘起される電壓の大きさはその巻線に鎖交する磁束の變化割合に比例するものであるから、此の場合二次巻線に誘起される電壓即ち  $\frac{d\phi_2}{dt}$  は  $\phi_2$  曲線の扁平な個所にてはその値零となり  $\phi_2$  の値に急變のある個所即ち  $\phi_2=0$  の前後に於いてのみ  $V_2$  の如き急峻な電壓即ち尖頭電壓を發生する。その發生する位相は一次に加える電圧  $V_1$  の最大となる位相に一致する。従つて一次に加える電圧の位相を例えば次に述べる如き移相裝置により變化せしめれば、尖頭波電壓の發生位相を變化せしめることが出来る。

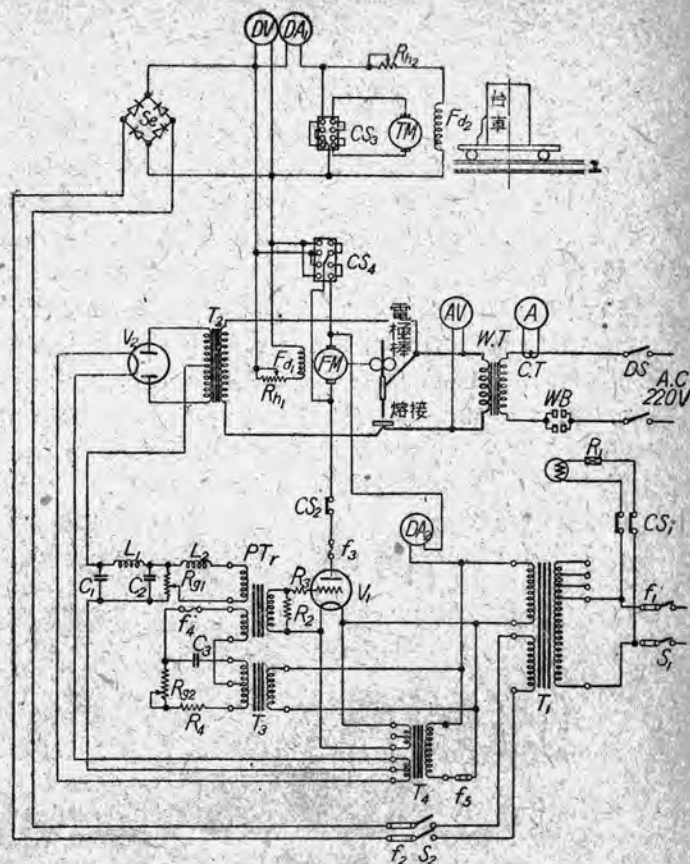
以上は最も普通の尖頭波變壓器であるが、本熔接裝置に使用した尖頭波變壓器には別に直流勵磁巻線(第 5 圖中點線を以て示す)を有し此の巻線に流れる直流の方向及大小を變化せしめれば、下記の原理により尖頭波電壓發生移相の進遅及びその程度を變化せしむることが出来る。

直流勵磁巻線に直流を通じてやると第 7 圖に示す様に

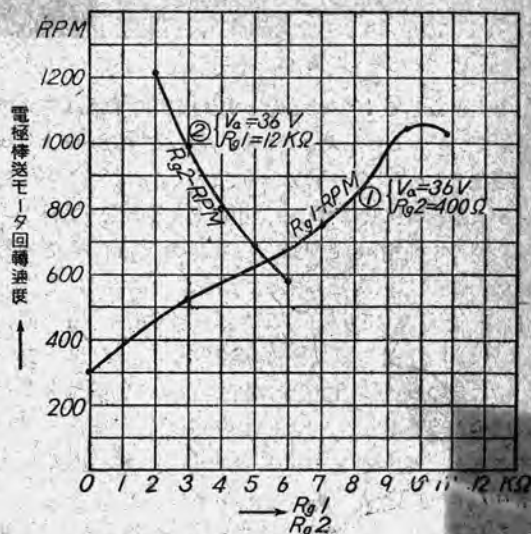


第 10 圖 電弧電壓と電極棒送給電動機の回転速度の關係

自動熔接裝置に就いて・荒井・田中



第 9 圖 三菱 UA 型自動熔接機制御回路結線圖



第 11 圖  $\frac{R_{g1}}{R_{g2}}$  と電極棒送給電動機の回転速度の關係

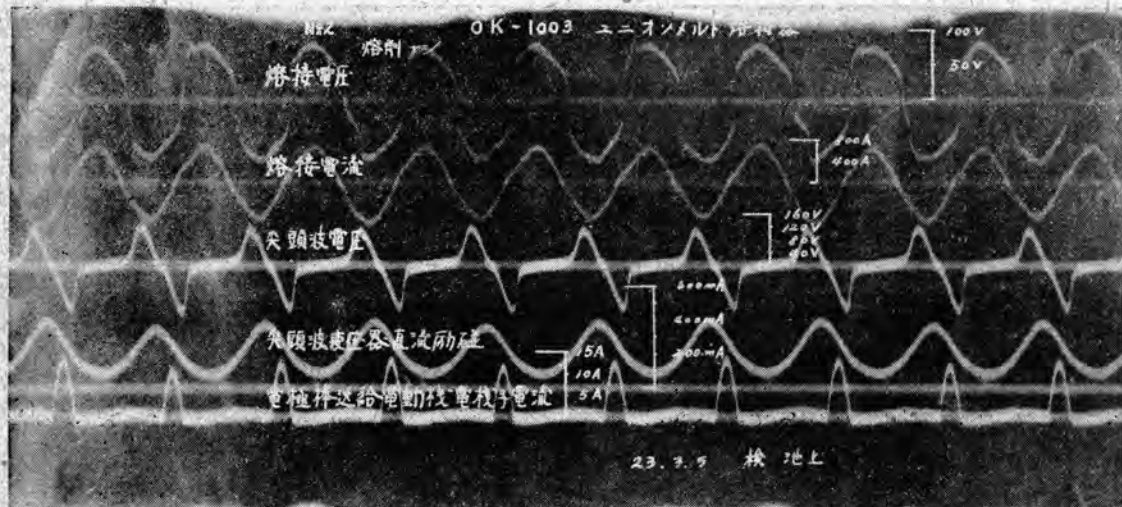


交番磁束  $\Phi_1$  に直流磁束  $\Phi_a$  が重畳される結果、可飽和鉄心を通る磁束  $\Phi_2$  は圖示の如くその零線が  $\Phi_a$  の値だけ移動する（即ち磁束が方向を急變し位置が變化する）爲に二次尖頭波電壓の發生する位相は一次電壓  $V_1$  の最大となる位相より電氣的角度にて  $\theta$  だけ移動せしむることが出来る。その程度は直流勵磁の大小に依り、又その進退は直流勵磁の方向に依り變化せしめ得るのである。

### ウ 移相装置

第8圖(a)に示す如く變壓器の二次回路に抵抗  $R$  と蓄電器  $C$  を直列に接続し電壓  $V_1$  を加えれば、 $C$  にかかる電壓  $V_C$  との位相關係は同圖(b)に示す如く交流理論の示す處により、常に  $V_R$  の方が  $V_C$  より  $90^\circ$  進んだ關係にあり且この關係は變壓器により加える電壓の大きさ並に  $C, L$  の値如何に關せず存在する。今抵抗  $R$  の

先づ  $S_1$  を閉じ（此の際  $CS_2$  は開いてあることを確認しておくこと、でないとサイラトロン  $V_1$  の陰極を加熱せずに突然陽極に電壓を加えることになり、 $V_1$  を破損する） $V_1$  の陰極を加熱する。5分程経てば使用可能の程度に陰極が熱せられる。 $S_2$  を閉じれば金屬整流器  $Se$  より臺車移動用電動機  $TM$  及電極棒送給用電動機  $FM$  の界磁が直流勵磁される。 $CS_3$  を右或は左側に閉じれば  $TM$  の電機子に直流電壓が加わり  $TM$  は回轉して臺車を熔接開始個所に位置せしめ得る。 $CS_2$  を閉じて電極棒送給用電動機の回轉を見る。 $R91$  は最大とし、感度を最良としておく、 $R92$  を最小より次第に大きくするに従つて前記移相装置の項で説明した原理に依り尖頭波變壓器の一次に加わる電壓位相は遅れるから、 $FM$  の回轉は最大から次第に小となり終に停止するに至る。 $FM$  が



第12圖 熔接時に於ける各部の電壓及電流を示すオシシログラム（熔劑を用いた場合）

値を大きくして  $R$  にしたとすれば  $R$  にかかる電壓  $V_R$  は  $V_C$  よりも大きくなる。而して  $R$  を  $O$  より  $\infty$  迄變化せしめれば、 $V_R$  は不變であり、且抵抗と蓄電器にかかる電壓は常に  $90^\circ$  の位相差があると云う條件から變壓器の中性點  $N$  と抵抗と蓄電器の接觸點  $M$  との間に表われる電壓は、その大きさは常に  $V_1$  の  $1/2$  であり、位相は抵抗が零より無限大に變化するに従い  $V_1$  と同相から  $180^\circ$  遅相まで連續的に變化する。

故に此の  $MN$  間に尖頭波變壓器の一次巻線を接続すれば尖頭波變壓器の一次側には任意の位相の電壓を加えることが出来る、従つて二次に發生する尖頭波電壓の位相も任意に變化せしめ得る。

2に於いて述べた機器の電氣的接続は第9圖に示す如くなる。此の圖面に依り本裝置の使用法を兼ねて動作を説明する。

停止した點が概ね  $R92$  の最適調整位置である。次に  $CS_1$  を閉じれば  $WB$  が閉じて熔接用變壓器の二次無負荷電壓が電弧電壓增幅用變壓器  $T_2$  に加わり  $V_2$  に依り整流されて、尖頭波變壓器  $PT$  の直流勵磁捲線に直流を流す。すると  $PT$  の二次に發生する尖頭波電壓の發生位相が進んでサイラトロンに依る整流電壓平均値が高くなるから  $FM$  は回轉を始める。

こゝで一旦  $CS_1$  及  $CS_2$  を開く、 $CS_1$  を“下”の側へ閉じ電壓棒を送給用のローラーに挿入し電極棒先端が被熔接物に接したならば  $CS_1$  を開く、次いで  $CS_1$  を閉じれば  $WB$  が閉じて熔接電流が流れ始める。續いて  $CS_2$  を閉じ同時に  $CS_3$  を右或は左に閉じて横返りをかければ一瞬、被熔接物と電極棒は接觸が外れて極く短かい電弧を發し熔接が開始される。

熔接中の動作は次の如くである。



最初に發した電弧は極めて短かいからこの電弧電壓は極めて低い値である。尖頭波變壓器の直流勵磁捲線に流れる直流電流は、電弧電壓を整流して得た直流電壓に比例して流れるのであるから、此の場合は極めて少い。従つて尖頭波の發生する位相はサイラトロン陽極電壓が最大となる位相よりも非常に遅れる（前記の通りに  $Rg2$  を調整しておけば自ら此の状態になる）その爲電極棒の送りは遅い。

此の間に電極棒は少し溶けて滴下し、母材と電極棒の距離が少し大きくなる。すると電弧電壓が高くなるから尖頭波變壓器の直流勵磁は大きくなり、尖頭波發生の位相を早めて、電極棒の送りを早め電極棒と母材の一間の距離を縮める。かくする内に電弧電壓と棒の送りと電極棒の溶融滴下の三者がバランスするに至り極めて安定な

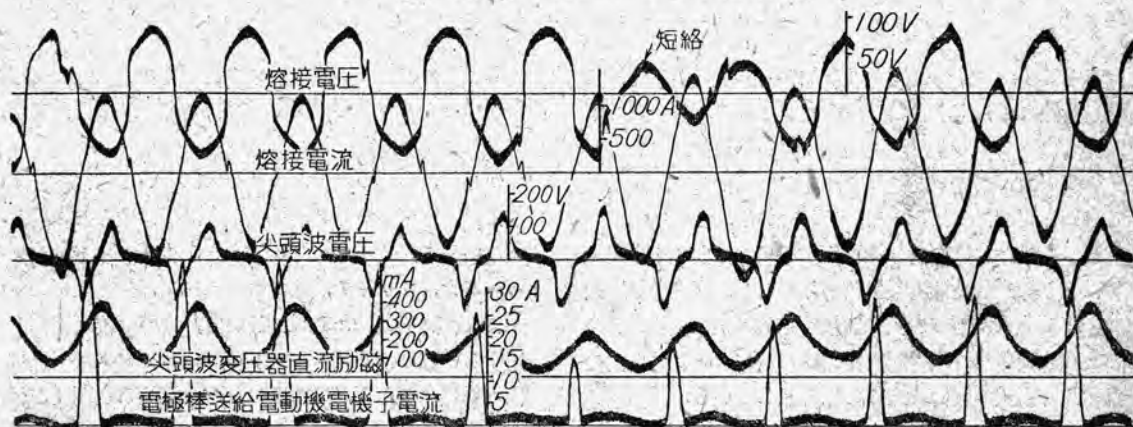
本装置を使用してサブマージ熔接を行う場合の適當なる操作條件は第一表の通りである。(4)

母板の厚 mm	肩 mm	開先 角度 度	電 極 棒 直徑 mm	消費量 kg/m	電流 A	電壓 V	熔接速度 mm/分
5	3	60	5	0.195	575	36	840
8	3	60	6	0.450	900	36	735
10	3	60	6	0.525	1000	37	685
16	3	45	6	0.870	1250	38	480
22	3	40	8	1.425	1500	40	330

第一表 鋼板厚さとサブマージ熔接條件

尚、參考迄に熔劑配合の一例として米國特許第2043960號に記されているものを示せば第二表の如くである。

### OK-1003 ユニオンメルト 熔接器



第 13 圖(A) 熔接時に於ける各部の電壓及電流を示すオッシログラム（熔劑を用いた場合）

熔接が繼續される。途中何等かの原因で電弧電壓が高く或は低くなり過ぎて前記の作用により再び安定な熔接に移行する。

熔接が豫定の位置迄進めば先づ  $CS_3$  を“斷”に廻して横送りを停止し、次に  $CS_2$  を切つて棒送りを止め、最後に  $CS_1$  を“斷”に廻して熔接を終る。

## 4. 性 能

本装置の性能を表記すれば下記の通りである。

- (ア) 熔接電壓 68 V～91 V（タップにて5段に切損）
- (イ) 熔接電流 300 A～1500 A（可動鐵心にて連續的に變化せしめ得）
- (ウ) 熔接速度 300 mm/分～1000 mm/分（連續的に變化せしめ得）
- (エ) 連續熔接最大長さ 約 5300 mm
- (オ) 熔接板厚（最大） 22 mm

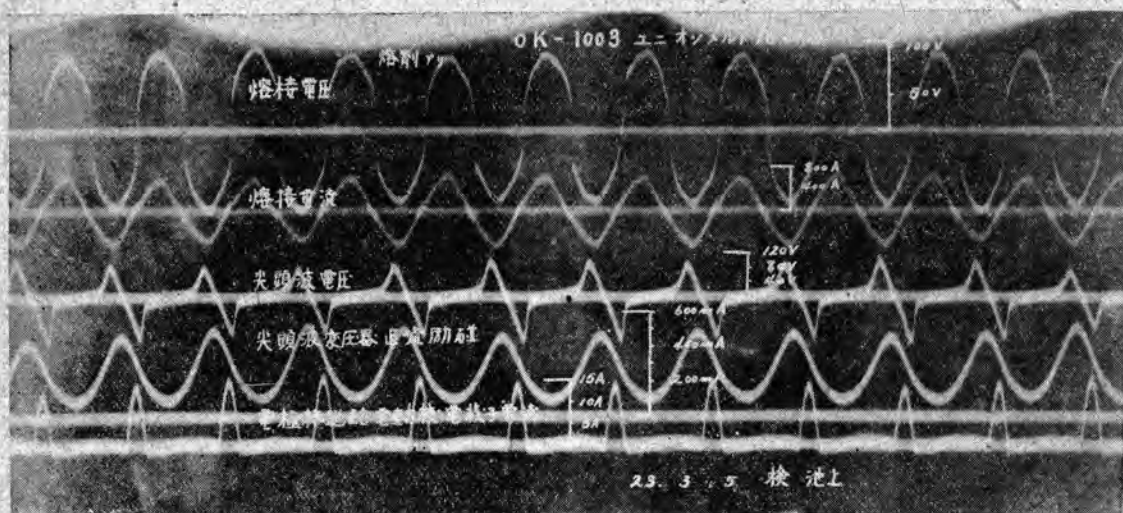
自動熔接装置に就いて・荒井・田中

熔劑番號	1	2	3	4
成 分				
GaO	29.5	31.24	29.18	40.12
MgO	8.7	11.01	8.26	0.89
SiO <sub>2</sub>	56.4	52.40	57.48	52.94
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.4	4.11	4.86	5.80
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	low	0.13	0.24	0.23

第二表 熔劑配合例

## 5. 特 性

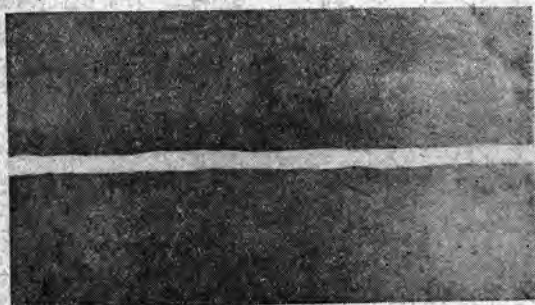
第 10 圖は電弧電壓（スライダックにより連續的に可變の假想電弧電壓を母材一電極棒間に加えた）と電極送給用電動機機子の回轉速度關係を示す。但し感度調整用抵抗  $Rg1$  は感度最高なる様最大に調整、尖頭波變壓器一次電壓位相調整用抵抗  $Rg2$  の値は夫々曲線に記入せる通りである。



第 13 圖 (b) 熔接時に於ける各部の電圧及電流を示すオッシログラム (溶劑を用いぬ場合)

曲線①及②の程度の特性を得る如く調整するのが適當で此の曲線に依れば、實際の熔接電壓たる 36 V 附近で傾斜が急になつて居り、熔接電壓の僅かな變化に對しても電極棒送給電動機が廻轉速度に鋭敏に變化して、満足なる制御作用が行われることを示している。

章 11 圖は電弧電壓を 36 V 一定 (これもスライダックにより假想的電弧電壓を加えた) とし、感度調整用抵抗  $R91$  と電極棒送給用電動機の廻轉速度 (曲線①) 及び大頭波變壓器一次電壓位相調整用抵抗  $R92$  と電極棒送給用電動機の廻轉速度の關係を示している。



第 14 圖 熔接部外觀寫眞

$R91$  を大にすれば直流勵磁捲線に加わる電壓が大きくなる爲同一の電弧電壓に對しても直流勵磁は大きく流れて制御作用が鋭敏になる。

$R92$  を大きくすれば尖頭波變壓器一次側に加わる電壓位相が遅れ、従つて二次に發生する尖頭波電壓の位相も遅れるからサイラトロン整流電壓が低くなり、電極棒送給用電動機の廻轉速度が遅くなるから熔接電壓は高くなる。反對に  $R92$  を小さくすれば熔接電壓は低くなる。

第 12 圖は實際熔接操作中に於ける各部の電壓及電流を示すオッシログラムで (a) は溶劑を使用した場合、(b) は溶劑を使用しない場合のものである。

此の (a), (b) のオッシログラムについて特に注目すべき事は、溶劑の有無が熔接電壓の波形に殆んど影響していない事で、此のことはユニオン、カーバイド、マンドカーボン、リサーチ、ラボラトリーフ、アイエンシー社が日本特許第 119705 號に於いて、此の熔接 (溶劑を使用するいわゆるサブマージト或はユニオンメルト熔接) は電弧熱に依らず、高温度のため熔融せる溶劑 (これは高い電氣抵抗を有す) 中の  $I^2R$  に基づく發熱に依ると稱しているのに對し、溶劑を使用せるいわゆるサブマージト熔接に於いても電氣現象的に見れば殆んど電弧熔接であり、 $I^2R$  熱に依存する部分は極めて一部分にすぎないことを裏書きしている。尙、電弧電壓波形が一般の電弧電壓波形の如く矩形に近い形とならず甚しく丸味を持つてゐるのは、導線、電極棒、接觸抵抗等に基く抵抗降下が含まれた爲である。フィルムに撮影せるオッシログラムは何れも電弧が安定に續いている爲各電壓、電流等の波形は規則正しく一定な形を示している。此れに對し調整中プロマイドに直接撮影せるオッシログラムに偶然、電極棒と用材とが直接々觸 (電氣的に云へば短絡) した瞬間を捉え得たので之を第 13 圖に示す。圖中最上段熔接電壓波形中に矢印で“短絡”と指示してある個所がそれである。此の際の波形は單なる抵抗降下 (熔接電流  $\times$  前記抵抗の總和) である爲に完全なる正弦波形を示している。故に短絡していない瞬間の電弧電壓もオッシログラムに表われている値から“短絡”の部分に表われ



ている値を差引いたものが正味の電弧電圧となるので、此の様にすると丸味を持つている熔接電圧波形も短形形状となつて来て一般の電弧の電圧波形と一致して来る。此の説明により前に述べた通りサブマージ熔接もやはり電氣的には電弧熔接であると云うことが一層はつきりしたことと思う。

## 6. 熔接結果

サブマージ熔接に於いて電弧電圧制御の良好なることの必要は勿論のことであるが、熔接結果の良否を左右するものはむしろ熔劑である。當社に於いては此の熔劑については研究中で未だ結論を見出すに至っていないが一應前記第二表2の配合に FeMn 約 10% 加え熔劑<sup>⑦</sup>を使用し試片を熔着したものの外觀寫眞を第 14 圖に示す。

前記の通り熔劑の研究未完成なるため之の熔接部の抗張力、硬度、伸び、衝撃値等は未だ測定するに至っていないが、これ等については近く發表する豫定である。

## 7. 結 言

昭和 18 年第一回試作機を製作したが後引續きより簡易なる装置をとの要望に應じて、熔接頭、制御裝置等を相當簡易化する本機を完成、上記の通り豫期通りの性能、特性を有するものを得た。

我が國に於ける此の種自動熔接機は今將に孤々の聲を

上げた許りであり、その使用經驗は皆無に等しい。従つて前記の通り熔劑については勿論、裝置そのものについても研究改良を加えて行く必要のあることは卒直に認めて居り使用實績に基いて改良を加え立派なものに育て上げて商船隊の復興に、其他平和的重工業の復興に寄與したいと考えている。

本裝置の改良、實用化普遍化の促進、適用方法の簡易化等について大方諸賢の建設的御意見を賜らん事を切望している。

最後に本裝置の工作を擔當され完成に至る迄のあらゆる生みの悩みをも介意せず、終始熱意を以て事に當られたる板金課福中希生課長、畑國夫技師に深甚なる敬意と謝意を表する次第である。

## 参 考 文 献

- (1) 荒井 潔、田中 薫：ユニオンメル式熔接等に應用せらるゝ自動電弧熔接裝置の制御について「熔接學會誌」16, 14 (昭 22—4)
- (2) 例えば 高橋正一：放電管の工業應用 2 (昭 13)
- (3) 例えば 小崎義正：尖頭波變壓器「三菱電機」16—181 (昭 15—6)
- (4) 佐々木新太郎外：新電氣熔接法「熔接工學全書」V, 11
- (5) 文献 (2) 31

## 新製品紹介

### 世界を聞く 瀟洒なラジオ 「ダイヤモンド」48-G型ラジオ受信機 普及型 5球スーパー

回路方式	5球スーパー ヘテロダイン 中間周波 1 段、第2檢波低周波 2 段、交流式
受信周波數帯	550~1,500 KC.
使用真空管	Ut-6 A 7 周波數變換、UZ-6 D 6 中間周波增幅、6 Z-DH3 檢波、A.V.C 低周波增幅、6 Z-P 1 出力增幅、KX-12 F 整流。
電 源	電壓 85~100 V 50~60 サイクル、消費電力約 40 VA.
感 度 階 級	極微電界級
出 力	無歪最大出力 300 mW 以上 (歪率 15%)、最大出力 約 1.2 W.
高 聲 器	5 吋パーマネント・ダイナミック・スピーカー、可動線輪インピーダンス 3 Ω.
キャビネット	プラスチック製

(本機は逓信省型式試験合格品)





# 電 鐵 用 定 電 壓 電 動 發 電 機

神 戸 製 作 所 片 岡 高 示

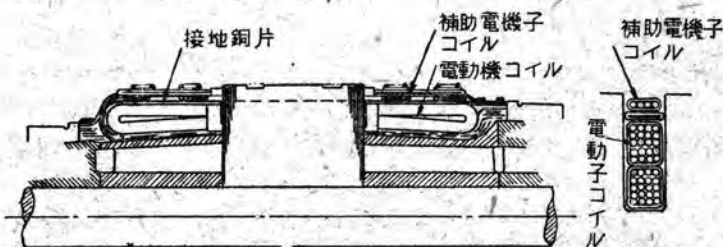
## 1. 緒 言

直流 1500 V の高壓電源により運轉している電車又は電氣機車に於て其の車内の點燈及び制御裝置其の他に必要なる直流電源を得るために電動發電機を用いているが其の電動機の電源電壓即ち線電壓は車體と變電所との相互位置並に負荷の状態により 1500 V より 900 V、時には 800 V 位迄も變化する。特に從來壓々必要とせられる 1500 V と 600 V 兩電壓線に使用される場合には、其の線電壓は 1500 V より 500 V 位迄も變化する故に、斯の如き廣範圍の線電壓の變化に於ても定電壓を發生す

る電動發電機には特別の考慮を必要とする。此の要求を満たす可く種々の電動發電機が考案されているが、當社に於ては古くより獨特の考案によりこの要求を満足させる電動發電機を多數製作して好成績をあげて居り、最近電鐵復興の線に沿つて多數製作中であるので茲に改めて本考案を御紹介する次第である。從來製作

通の分巻發電機、 $A$  は本考案の眼目とする補助電機子巻線である。圖に於ては  $A$  は  $M$  と離して畫いてあるが、第 2 圖に示す如く其の磁氣回路は  $M$  と共通で巻線も電動機電機子鐵心と同一溝内に入れてあり、整流子のみが別個になつてゐる。電動機電機子回路及同分巻回路、發電機分巻回路に入れてある抵抗は運轉の最初に調整しておけば其の後は再び手を加える必要はない。

今發電機  $G$  は磁氣的に充分飽和せられてあり、電動機  $M$  は磁氣的に飽和しておらず、補助電機子  $A$  の誘起電壓の方向は  $G$  と反對であるとすれば、次の如き事が云える。



第 2 圖 A

第 2 圖 B

1. 發電機の誘起電壓は其の回轉數に略々比例する。
2. 電動機 回轉數の變化は其の電源電壓の變化よりはるかに少い。
3. 補助電機子に發生する電壓は電動機の誘起電壓に比例する。

即ち電源電壓最大の場合、回轉數最大→發電機電壓最大→補助電機子電壓最大（これは  $G$  の電壓とは方向反對）となる。又この逆に電源電壓最小の場合、回轉數最小→發電機電壓最小→補助電機子電壓最小となり負荷回路電壓即ち  $G$  と  $A$  との差は電源電壓の最大最小に於て一定に保つ事が出来る。この作用を更に明瞭にするために數量的に説明すると

$V_m$  電動機端子電壓（即ち線電壓）

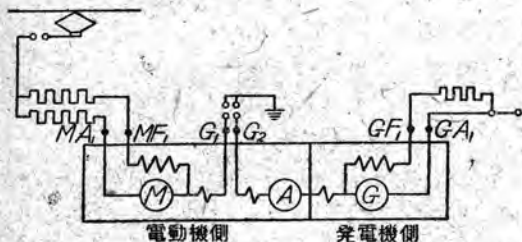
$V_a$  發電機端子電壓

$E_m, E_g, E_a$  電動機、發電機、補助電機子の誘起電壓

$N$  回轉數

とすれば

- 1 無負荷狀態に於て



第 1 圖

して來た標準機は次の定格の三種類である。

出 力	電動機入力及電壓	發電機電壓	回轉數	全重量
1.5KW	3.0KW 1500~900 V	95 V	1800 rpm	490 kg
2.0KW	4.0KW 1500~900 V	100 V	1950 rpm	520 kg
3.5KW	6.6KW 1500~600 V	95 V	1500 rpm	890 kg

## 2. 原 理

本裝置は其の取扱上特に構造簡單を趣旨に考案したもので、普通の直流機を組合せたものに過ぎない。第 1 圖は其の接續を示す。圖中  $M$  は普通の分巻電動機、 $G$  は普

$$V_e = E_g - E_a \dots\dots\dots (1)$$

$M$  と  $A$  とは同一溝内にあり共通の磁気回路を有している故に其の誘起電圧の比は兩巻線の導體數の比に等しい今この比を  $K$  とすれば、

$$E_a = KE_m = KV_m$$

(1) 式に入れて

$$V_e = E_g - KV_m \dots\dots\dots (2)$$

發電機  $G$  は磁氣的に飽和している故に其の誘起電圧は回轉數の略々 1.3 乗に比例する。此の比例常數を  $C_g$  とすれば

$$E_g = C_g N^{1.3} \dots\dots\dots (3)$$

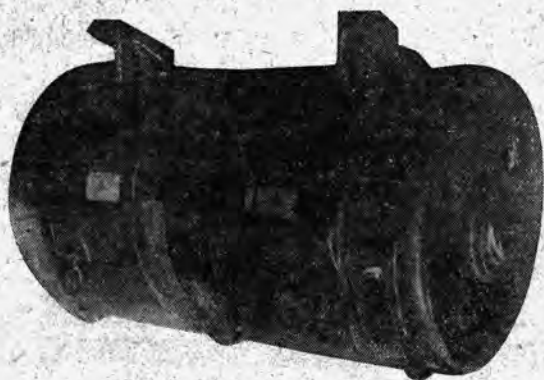
又電動機は飽和していない故に其の回轉數は端子電圧の略々  $\frac{1}{4}$  乗に比例する。此の比例常數を  $C_m$  とすれば

$$N = C_m V_m^{\frac{1}{4}} \dots\dots\dots (4)$$

(4) 式を (3) 式に代入して、

$$E_g = C_g (C_m V_m^{\frac{1}{4}})^{1.3} = C_g C_m^{1.3} V_m^{\frac{1.3}{4}}$$

$$C = C_g \cdot C_m^{1.3}$$



第 3 圖 3.5 KW 電動發電機

とおけば、

$$E_g = CV_m^{\frac{1.3}{4}}$$

これを (2) に代入して、

$$V_e = CV_m^{\frac{1.3}{4}} - KV_m \dots\dots\dots (5)$$

今  $V_m$  を 1500 V 及 900 V に於て  $V_e$  を例へば 110 V 一定とすれば、

$$\left\{ \begin{array}{l} 110 = (1500)^{0.325} C - 1500 K \\ 110 = (900)^{0.325} C - 900 K \end{array} \right\} \dots\dots\dots (6)$$

電鐵用定電壓電動發電機・片岡

(6) 式を解いて  $K$  を求めると、

$$K = 0.0482$$

即ち  $A$  と  $M$  との導體數比を 0.0482 に選定すれば  $V_m$  1500 V と 900 V に於て  $V_e$  は 110 V 一定となる。

2. 負荷状態に於て

負荷状態に於て (1) 式は、

$$V_e = (E_g - E_a) - (IR_g + IR_a + V_g + V_a)$$

となる、但し

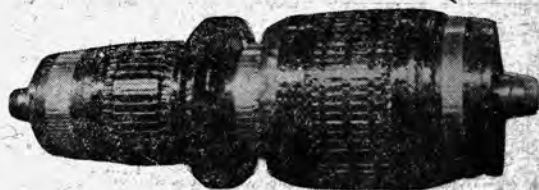
$R_g, R_a$  ……發電機及補助電機子の電機子回路抵抗

$I$  ……發電機負荷電流

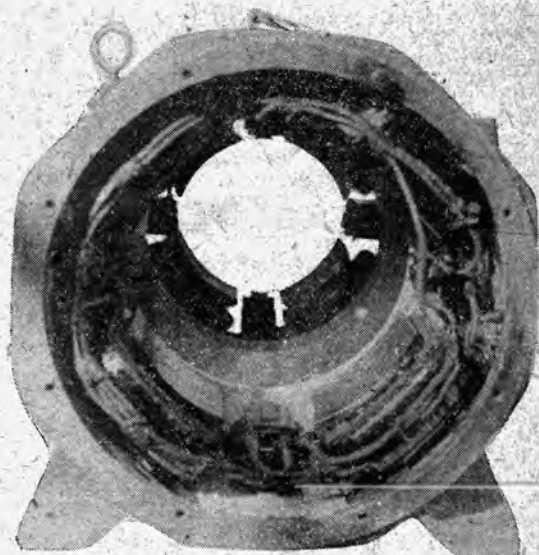
$V_g, V_a$  ……發電機及補助電機子の刷子電壓降下

發電機端子電壓 ( $V_e$ ) が一定であれば  $I$  は一定、又  $V_g, V_a$  も一定なる故に本裝置の原理上負荷回路の電壓從つて電流は一定なる故に第 2 項も一定となる譯である、唯負荷の場合には (3) (4) 式の  $N$  及  $V_m$  の指數が多少變化する故に無負荷のときに  $V_e$  は一定になりえても負荷状態に於ては數ボルトの差が生じて来る。

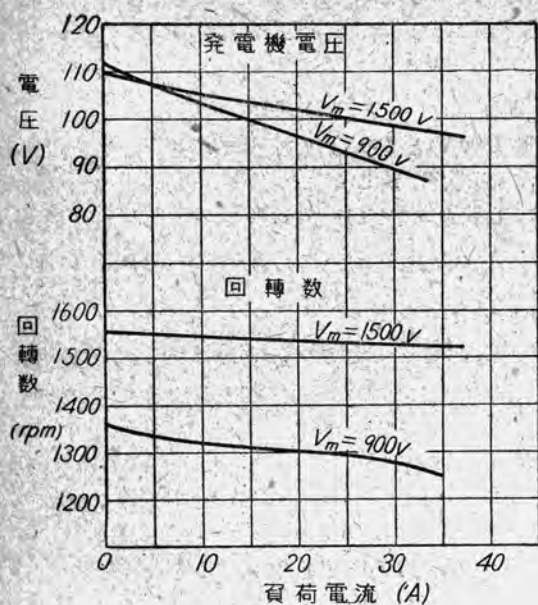
茲で興味ある事は (6) 式の解法に於て明らかな様に



第 4 圖 3.5 KW 電動發電機電機子



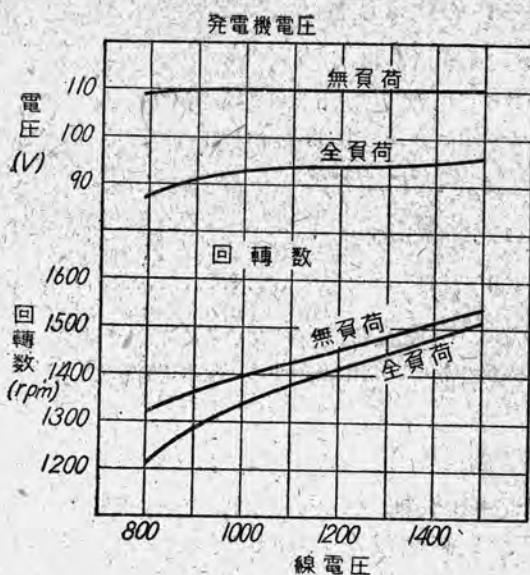
第 5 圖 3.5 KW 電動發電機固定子  
(電動機側より見たる圖)



第 6 圖

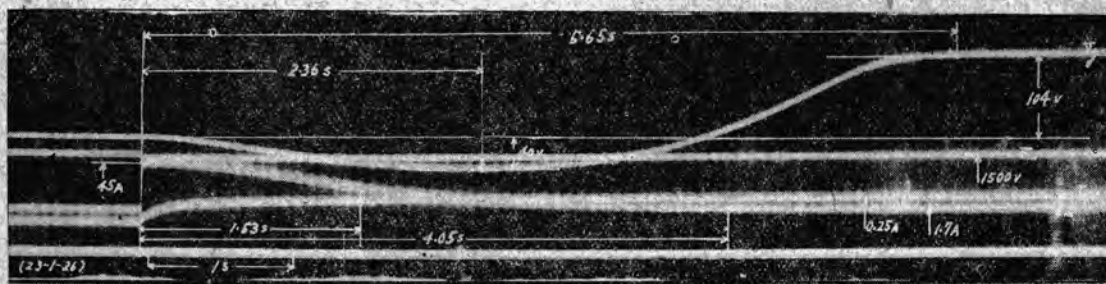
$V_m$  1500 V 及 900 V に於て  $V_e$  は必ずしも一定である必要がない。

即ち  $K$  を適當に選定すれば  $V_m$  1500 V 及 900 V のときの  $V_e$  を任意にとる事が出来る。即ち電源電壓の低いときにかえつて發電機端子電壓を高める事が出来る。此の意味に於て本装置は必要に應じて種々の特性を得易



第 7 圖

の電流は單獨の場合とは逆に流れる、即ち電動機電機子電流と同方向の電流が流れて電動機のトルクを助ける作用をし能率を損しない。又補助電機子は導線数も少く(電動機の  $1/20$  以下)リアクタンス電壓も低いから整流作用が容易で、刷子を廣範圍に移動しても整流は良好であるから刷子を移動する事により負荷の變化に對する回轉數



第 8 圖 A 無負荷起動

く融通性が廣いと云えるのである。

次に今少しく補助電機子の作用について述べて見度い。補助電機子巻線は電動機と磁氣回路は共通であるから、其れ單獨で外部回路に接續すると、電機子電流は電動機電機子電流と逆方向に流れる筈であるが、本装置では補助電機子は發電機と直列に而も發電機の電壓と差動的に接續されていて發電機の方が電壓が高いから補助電機子

變動率を少くし従つて發電機の電壓變動率をよくする事が出来る。即ち發電機は分巻なる故に並列運轉が可能であり而も其の特性は複巻特性に近く電壓變動率が少い。

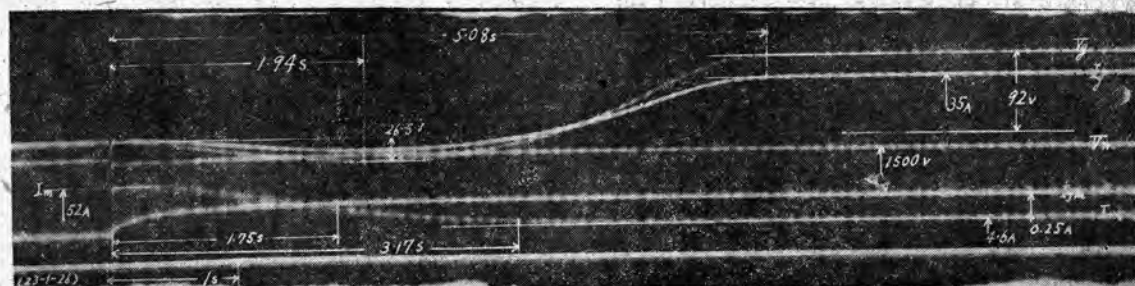
### 3. 構造

第3圖、第4圖、第5圖は夫々 3.5 KW 電動發電機の外観、電機子、固定子の寫眞である。車輛用として各部



は激しい振動に耐えうる様設計製作されている事は勿論であるが、特に刷子支持棒は良質のマイカルタを以て絶

が流れ閃絡の危険を心配されるむきもある様であるが、起動時の突入電流を制限する直列抵抗が電機子回路に挿



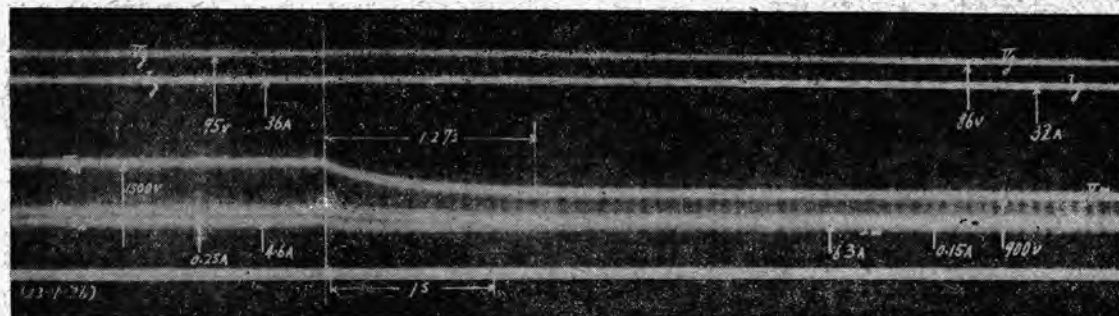
第 8 圖 B 全負荷起動

縁しブラケットに壓入固定し刷子支持器挿入部を方形にして保持器の取付を確實にし、同時に激動による移動を防止している。

本装置の特色である、電動機電機子溝内に高圧回路と低圧回路とが一緒に挿入されてある故に高圧巻線は特に絶縁を入念にしてあるが、例え高圧巻線の絶縁が破壊されても、兩者の間に接地された銅板（第2圖B太い黒線

入してあり、全負荷起動時に於ても電動機の整流は良好で何ら閃絡の懸念はない。

次に 3.5 KW の試験成績を示す。第6圖は線電圧の變化に對する回轉數及發電機電壓の變化、第7圖は線電圧 1500 V 及 900 V の場合の發電機負荷特性、第8圖は起動時及線電壓急變（1500 V より 900 V へ）の場合のオシログラムである。A は無負荷起動、B は全負荷



第 8 圖 C 線電壓急變の場合

部) が挿入されている故に 1500 V が低圧回路に突入する危険は絶対にない様考慮してある。

#### 4. 特性及試験成績

發電機は分巻式であるから並列運轉に適している。而も補助電機子の刷子を移動する事により任意に複巻特性をもたせる事が出来る。又電動機は分巻式なる故にラインスタートをすれば起動トルクの不足より大きな起動電流電機用定電壓電動發電機・片岡

起動、C は線電圧を 1500 V より 900 V に急變した場合である。尚起動時に於て最初發電機電圧が負に出るのは發電機誘起電壓よりも補助電機子誘起電圧が先に發生するためである。

以上で本文は終るが最後に本装置の試験に種々御盡力下さつた検査課主機試験係の石田技師、松浦技師に感謝する次第である。

# D H — 1 型 ラ ジ オ ヒ ー タ

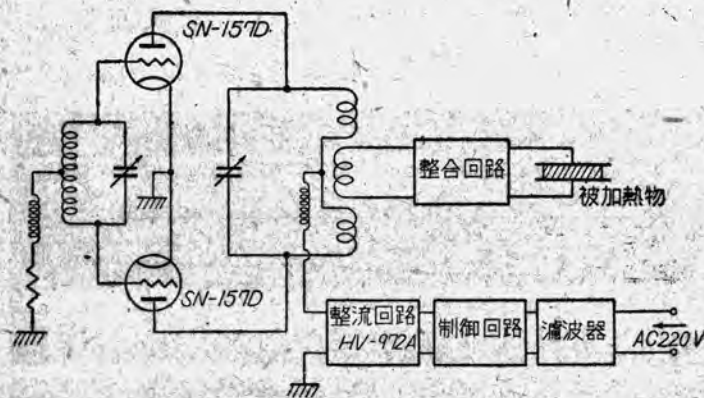
最大出力 3 KW の高周波による加熱装置 DH—1 型  
ラジオヒータの内容を概説し、且つこの回路の  
周波数変動に関する実験結果を示した。

伊丹製作所 吉 田 武 彦

## 1. 緒 言

加熱が熱伝導とは根本的に異なる誘電体損による高周波の  
應用は最近急激なる發達を示し、多方面にわたつて研究  
されてその成果をあげつつあるが、なお今後の發展が期  
待される。現在當社では最大出力 3 KW のラジオヒータ  
(DH—1 型) を製作し、紡績方面やベニヤの接着等  
に使用している。

ラジオヒータは大電力の發振器であるから高周波工業  
の發達に伴つて通信に對する妨害が問題になるのは當然  
で、周波数變動防止、遮蔽及び電源からの電波漏洩防止  
に關して考慮を拂わねばならない。



第 1 圖 綜合配線圖

## 2. 構造及び容量

DH—1 型ラジオヒータは本體(發振部、電源部及び操  
作部を含む)、整合装置及び遠方操作器より成りその主  
要諸元は次の通りである。

ア. 發振方式は SN—157 D のアッシュプルの自勵振で  
あるが負荷の變動による發振周波数の變化を小さくする  
ために陽極同調—格子同調方式を採用した。

イ. 發振周波数は 6.8 MC であるが約 6.6~7.0 MC の  
變化が可能である。

ウ. 最大出力: 3 KW

最大入力: 7 KW

エ. 電源部は HV—972 A を 2 本用いた全波整流方式  
であつて電源電壓 AC 180 V~220 V にて働作する。  
綜合配線圖を第 1 圖に示すがその整合装置は使用目的に  
よつて第 2 圖 (A) (B) 何れかを用いる。例えばベニヤ



第 2 圖 整合回路

の接着木材の乾燥には第 2 圖 (A) を用  
いる。紡績關係には第 2 圖 (B) を用い  
る。なお本體、整合装置の外観を第 3 圖  
第 4 圖に示す。

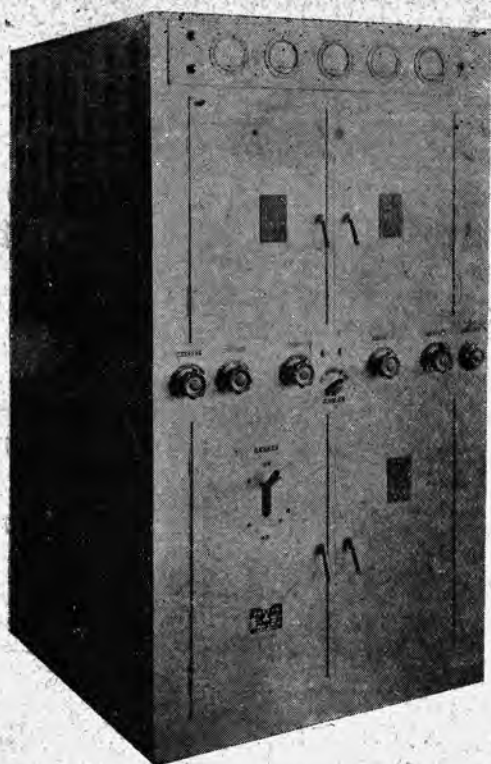
## 3. 電波漏洩及び周波数變動

アメリカに於てはラジオヒータの通信妨  
害對策として次の様な周波数の割當を行  
つていと報ぜられる。即ち 13.66 MC  
 $\pm 0.015\%$ , 27.32 MC  $\pm 0.5\%$ , 及び 40.98

MC  $\pm 0.05\%$  である。又これ以外の周波数に對しては、  
漏洩電界強度を 1 哩の距離で 10  $\mu\text{V}/\text{m}$  以下という事  
でおさえているようである。DH—1 型ラジオヒータは通  
信妨害に對して次の様な考慮を拂つている。即ち  
ア. 電源 AC 220 V の線路への電波漏洩に對しては濾  
波器を 2 段に用いている。

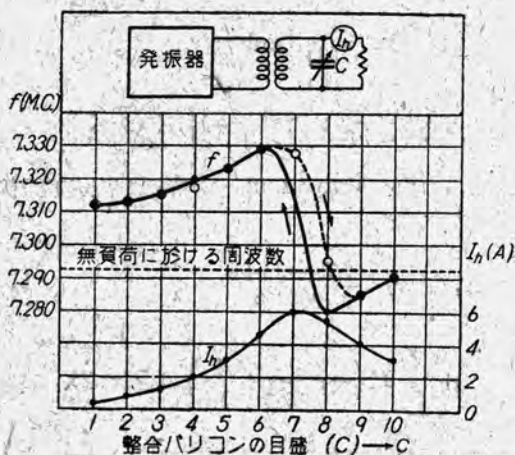
イ. 裝置全體を 32 番銀、16 メッシュの銅金網でつく  
られた遮蔽室内に収めて電波の輻射を防いでいる。

ウ. 一般に加熱中に被乾燥物質の誘電率や誘電率等  
が刻々に變化するから自勵振の同調回路より負荷を取る

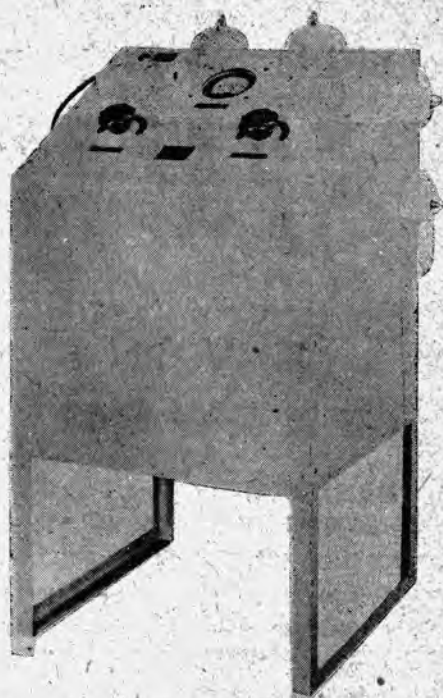


第 3 圖 本 體

場合はその発振周波数が變つて來る。これを防ぐには主發振器を別に置くか、又は水晶制御にすればよいのであるが裝置が複雑になるので之を避けて前述の如く陽極同



第 5 圖 周波數變動特性



第 4 圖 整合裝置

調一格子同調方式を用いた。この回路の發振周波數は陽極及び格子の同調回路の常數が大體同じ割合に影響を與えるので陽極同調方式やハートレー方式等に比して周波數の變動が少い。これに関する實驗結果として第 5 圖に整合バリコン  $C$  の目盛りと發振周波數  $f$ 、及び負荷に流れる高周波電流  $I_h$  を示した。整合回路としては第 2 圖(B)のものを用い、負荷はランプである。第 5 圖から判るように周波數の變動は最大 0.66% であるがこの場合は陽極コイルと出力コイルとの結合度が大きで周波數の變化に履歴現象を伴う。次第に結合度を小にして履歴現象を伴わないようになれば周波數の變動は最大 0.3% 位になる。

#### 4. 結 言

以上 DH-1 型ラジオヒータの概略を述べたが、なお現在 20 KW のものを計畫中である。かかる大容量のものに關連して特に問題になるのはその應用效果の的確なる把握である。世間に於ては高周波加熱の效力を魔法的に期待しすぎる危險性があると思われるが、今後の高周波工業の健全なる發達のためには製作者と使用者との協力的研究が必要であると信ずる。

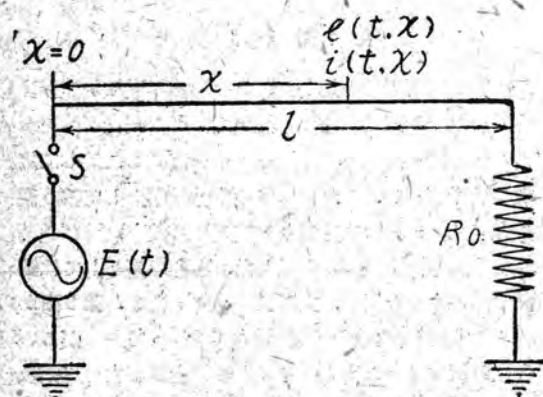


# Heaviside 演算子法に對する新しい考察と その電氣回路解析に於ける應用 (XV)

研究所 菅 野 正 雄

## 第 V 章 有限長送電線

(1) 第 8 圖に示す如き  $e(l, x)=0, i(t, x)=0, (t<0, 0<x<l)$  なる長さ  $l$  の線路の受端 ( $x=l$ ) に一定抵抗  $R_0$  が挿入されている時、送端  $x=0$  に電壓  $E(t)$  を印加した場合、 $t>0$  に於ける線路上の各點の電壓及び電流を求む。特に受端短絡 ( $R_0=0$ ) の場合と受端開放 ( $R_0=\infty$ ) の場合は如何。



第 8 圖

解： 假定により、(II. 3') 式及び (I. 4') 式に於ける  $H_e(\lambda, x)$  及び  $H_i(\lambda, x)$  は共に 0 である。又此の場合の境界條件は

$$F_e(\lambda, 0) \equiv \Phi(\lambda) = L_e(\lambda, t)^{-1} \mathbf{1}(\frac{t}{0}) E(t)$$

又は

$$\Phi(D)(\frac{t}{0}) \mathbf{1} = \mathbf{1}(\frac{t}{0}) E(t)$$

及び

$$F_e(\lambda, l) = R_0 F_i(\lambda, l)$$

であるから、(II. 3') 式及び (I. 4') 式中の  $A_2(\lambda)$  及

び  $B_2(\lambda)$  は夫々、

$$A_2(\lambda) = \Phi(\lambda),$$

$$B_2(\lambda) = -\frac{\Phi(\lambda)}{G(\lambda)} \left( \cosh \gamma l + \frac{k\gamma}{\lambda + \alpha + \beta} \sinh \gamma l \right),$$

$$\left( k = R_0 \gamma, G(\lambda) = \sinh \gamma l + \frac{k\gamma}{\lambda + \alpha + \beta} \cosh \gamma l \right)$$

の如くなる。よつて

$$F_e(\lambda, x) = \frac{\Phi(\lambda)}{G(\lambda)} \left\{ \sinh \gamma(l-x) + \frac{k\gamma}{\lambda + \alpha + \beta} \cosh \gamma(l-x) \right\}, (0 < x < l), F_i(\lambda, x)$$

$$= \frac{\Phi(\lambda)\gamma}{L(\lambda + \alpha + \beta)G(\lambda)} \left\{ \cosh \gamma(l-x) + \frac{k\gamma}{\lambda + \alpha + \beta} \sinh \gamma(l-x) \right\}, (0 < x < l).$$

今、

$$K_e(\lambda, x) \equiv \frac{1}{G(\lambda)} \left\{ \sinh \gamma(l-x) + \frac{k\gamma}{\lambda + \alpha + \beta} \cosh \gamma(l-x) \right\}, (0 < x < l)$$

$$+ \frac{k\gamma}{\lambda + \alpha + \beta} \cosh \gamma(l-x) \right\}, (0 < x < l)$$

とおき、これを Mittag-Leffler の定理により有理分數式に展開すれば、

$$K_e(\lambda, x) = \frac{2\beta(l-x) + k}{2\beta l + k}$$

$$+ 2 \sum_{n=1}^{\infty} A_n \left( \frac{\gamma_n}{\gamma^2 - \gamma_n^2} + \frac{1}{\gamma_n} \right), (0 < x < l)$$

となる。茲に  $\gamma_n$  は

$$(\sqrt{\beta^2 + \alpha^2 \gamma^2} + \beta) \sinh \gamma l + k \gamma \cosh \gamma l = 0 \dots \dots \dots (V. 1)$$

の根であり、 $A_n$  は

$$A_n = \frac{(b_n + \beta) \sinh \gamma_n (l-x) + k \gamma_n \cosh \gamma_n (l-x)}{(kl + v^2/b_n) \gamma_n \sinh \gamma_n l + \{k + (b_n + \beta)l\} \cosh \gamma_n l},$$

$$\left( \begin{array}{l} 0 < x < l, \\ b_n = \sqrt{\beta^2 + v^2 \gamma_n^2} \end{array} \right)$$

である。よつて擴張された演算子算法により、

$$K_e(D, x) 1(t) = \left\{ \frac{2\beta(l-x) + k}{2\beta l + k} + 2 \sum_{n=1}^{\infty} A_n \left( \frac{v^2 \gamma_n}{(D + \alpha)^2 - b_n^2} + \frac{1}{\gamma_n} \right) \right\} 1(t) = 1(t) \left\{ K_e(0, x) + 2v^2 \varepsilon^{-\alpha t} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{A_n \gamma_n}{b_n \sqrt{b_n^2 - \alpha^2}} \cosh(b_n t + \varphi_n) \right\},$$

$$\left( \begin{array}{l} 0 < x < l, \\ \tanh \varphi_n = \alpha / b_n \end{array} \right)$$

が得られる。従つて擴張された重疊の定理により所要の電圧分布は

$$e(t, x) = \phi(p) K_e(p, x) \cdot 1$$

$$= K_e(0, x) E(t) + 2v^2 \frac{d}{dt} \left\{ \int_0^t E(t-\tau) \varepsilon^{-\alpha \tau} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{A_n \gamma_n}{b_n \sqrt{b_n^2 - \alpha^2}} \cosh(b_n \tau + \varphi_n) d\tau \right\}, \left( \begin{array}{l} t \geq 0, \\ 0 < x < l \end{array} \right)$$

となる。同様にして所要の電流分布は

$$i(t, x) = K_i(0, x) E(t) + 2v^2 \frac{d}{dt} \left\{ \int_0^t E(t-\tau) \varepsilon^{-\alpha \tau} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{B_n \gamma_n}{b_n \sqrt{b_n^2 - \alpha^2}} \cosh(b_n \tau + \varphi_n) d\tau \right\}, \left( \begin{array}{l} t \geq 0, \\ 0 < x < l \end{array} \right)$$

となる。但し、

$$K_i(\lambda, x) \equiv \frac{1}{L(\lambda + \alpha + \beta)G(\lambda)} \left\{ \cosh \gamma(l-x) + \frac{k\gamma}{\lambda + \alpha + \beta} \sinh \gamma(l-x) \right\}, \quad (0 < x < l),$$

$$B_n = \frac{\gamma_n}{L(b_n + \beta)}$$

$$\frac{k\gamma_n \sinh \gamma_n (l-x) + (b_n + \beta) \cosh \gamma_n (l-x)}{(kl + v^2/b_n) \gamma_n \sinh \gamma_n l + \{k + (b_n + \beta)l\} \cosh \gamma_n l},$$

$$(0 < x < l).$$

(1. a). 受端短絡の場合 ( $R_0 = 0$ )

此の場合に

$$\left. \begin{aligned} e(t, x) &= \frac{\sinh \gamma(p)(l-x)}{\sinh \gamma(p)} \phi(p) \cdot 1, \\ i(t, x) &= \frac{\gamma(p) \cosh \gamma(p)(l-x)}{L(\lambda + \alpha + \beta) \sinh \gamma(p)} \phi(p) \cdot 1, \end{aligned} \right\} \left( \begin{array}{l} t \geq 0, \\ 0 < x < l \end{array} \right)$$

となるが、

$$\frac{\sinh \gamma(p)(l-x)}{\sinh \gamma(p)l} \cdot 1 \equiv \frac{2}{l} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{a_n \sin a_n x}{\gamma(p)^2 + a_n^2} \cdot 1$$

$$\equiv \frac{2v^2}{l} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{v^2(RG + a_n^2)} \left\{ 1 - \frac{\varepsilon^{-\alpha t}}{b_n} (b_n \cos \beta t + \alpha \sin \beta t) \right\}$$

$$\equiv \frac{\sinh \sqrt{RG}(l-x)}{\sinh \sqrt{G} R l}$$

$$- \frac{2\varepsilon^{-\alpha t}}{l\sqrt{CL}} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin a_n x}{b_n \sqrt{1 + C_n^2}} \cos(b_n t - \varphi_n),$$

$$\left( \begin{array}{l} t \geq 0, \\ 0 < x < l \end{array} \right),$$

$$\frac{\gamma(p) \cosh \gamma(p)(l-x)}{L(p + \alpha + \beta) \sinh \gamma(p)l} \cdot 1$$

$$\equiv \frac{1}{lL} \left( \frac{1}{p + \alpha + \beta} + \frac{2\gamma(p)^2}{p + \alpha + \beta} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\cos a_n x}{\gamma(p)^2 + a_n^2} \right) \cdot 1$$

$$\equiv \frac{1}{lL(\alpha + \beta)} \left( 1 - \varepsilon^{-(\alpha + \beta)t} \right)$$

$$+ \frac{2}{lL(\alpha + \beta)} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\alpha - \beta}{\alpha^2 - \beta^2 + a_n^2 v^2} \cos a_n x$$

$$+ \frac{2\varepsilon^{-\alpha t}}{lL} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\cos a_n x}{b_n \sqrt{1 + C_n^2}} \cos(b_n t - \varphi_n - \psi_n)$$

$$\equiv \sqrt{\frac{G}{R}} \frac{\cosh \sqrt{RG}(l-x)}{\sinh \sqrt{RG} l} - \frac{\varepsilon^{-(\alpha + \beta)t}}{lR}$$

$$+ \frac{2}{lL} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\cos a_n x}{b_n \sqrt{1 + C_n^2}} \cos(b_n t - \varphi_n - \psi_n),$$

$$\left( \begin{array}{l} t \geq 0, \\ 0 < x < l \end{array} \right)$$

であるから、

$$e(t, x) \equiv \frac{\sinh \sqrt{RG} (l-x)}{\sinh \sqrt{RG} l} E(t) - \frac{2}{l \sqrt{CL}} \frac{d}{dt} \left\{ \int_0^t E(\tau) e^{-\alpha \tau} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin \alpha_n x}{b_n \sqrt{1+C_n^2}} \cos(b_n \tau - \varphi_n) d\tau \right\},$$

$$(t \geq +0, 0 < x < l),$$

$$i(t, x) = \sqrt{\frac{G}{R}} \frac{\cosh \sqrt{RG} (l-x)}{\sinh \sqrt{RG} l} \dot{E}(t) - \frac{1}{l} \frac{d}{dt} \left\{ \int_0^t E(t-\tau) e^{-\alpha \tau} \left( \frac{\varepsilon}{R} - \frac{2}{l} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\cos \alpha_n x}{b_n \sqrt{1+C_n^2}} \cos(b_n \tau - \varphi_n - \psi_n) \right) d\tau \right\},$$

$$(t \geq +0, 0 < x < l),$$

となる。但し、

$$\alpha_n = \frac{n\pi}{l}, \quad b_n = \sqrt{\alpha_n^2 v^2 - \beta^2},$$

$$C_n = \frac{\sqrt{RG}}{\alpha_n}, \quad \tan \varphi_n = \frac{\alpha}{b_n}, \quad \tan \psi_n = \frac{b_n}{\beta}$$

である。

以上の解は又、次の様な形にも表わされ得る。即ち

$$\frac{\sinh \gamma(\lambda)(l-x)}{\sinh \gamma(\lambda)l} = \frac{\varepsilon^{\gamma(\lambda)(l-x)} - \varepsilon^{-\gamma(\lambda)(l-x)}}{\varepsilon^{\gamma(\lambda)l} - \varepsilon^{-\gamma(\lambda)l}}$$

$$= \varepsilon^{-\gamma(\lambda)x} + \sum_{n=1}^{\infty} \left\{ \varepsilon^{-\gamma(\lambda)(2nl+x)} - \varepsilon^{-\gamma(\lambda)(2nl-x)} \right\},$$

$$\frac{\cosh \gamma(\lambda)(l-x)}{\sinh \gamma(\lambda)l} = \frac{\varepsilon^{\gamma(\lambda)(l-x)} + \varepsilon^{-\gamma(\lambda)(l-x)}}{\varepsilon^{\gamma(\lambda)l} - \varepsilon^{-\gamma(\lambda)l}}$$

$$= \varepsilon^{-\gamma(\lambda)x} + \sum_{n=1}^{\infty} \left\{ \varepsilon^{-\gamma(\lambda)(2nl+x)} + \varepsilon^{-\gamma(\lambda)(2nl-x)} \right\},$$

$$(0 < x < l)$$

であるが、半無限長線路に於ける (I.C) の計算を利用して、

$$e_n(t, x) \equiv \Phi(D) \varepsilon^{-\gamma(D)(2nl+x)} 1(x)$$

$$\equiv 1 \left( \frac{t}{(2nl+x)/v} \right) \left\{ \varepsilon^{-\alpha \frac{2nl+x}{v}} E \left( t - \frac{2nl+x}{v} \right) + \beta \frac{2nl+x}{v} \int_{\frac{2nl+x}{v}}^t E(t-\tau) \varepsilon^{-\alpha \tau} \frac{I_1 \left( \beta \sqrt{\tau^2 - \left( \frac{2nl+x}{v} \right)^2} \right)}{\sqrt{\tau^2 - \left( \frac{2nl+x}{v} \right)^2}} d\tau \right\},$$

$$(t \geq +0, 0 < x < l),$$

$$i_n(t, x) \equiv \frac{\gamma(D)\Phi(D)}{L(D+\alpha+\beta)} \varepsilon^{-\gamma(D)(2nl+x)} 1(x)$$

$$\equiv \left( \frac{t}{(2nl+x)/v} \right) \sqrt{\frac{G}{L}} \left\{ E(+0) \varepsilon^{-\alpha t} I_0 \left( \beta \sqrt{t^2 - \left( \frac{2nl+x}{v} \right)^2} \right) + \int_{\frac{2nl+x}{v}}^t \left( \frac{G}{C} E(t-\tau) + E''(\tau) - \tau \right) \varepsilon^{-\alpha \tau} I_0 \left( \beta \sqrt{\tau^2 - \left( \frac{2nl+x}{v} \right)^2} \right) d\tau \right\},$$

$$(t \geq +0, 0 < x < l)$$

と書けば、結局

$$e(t, x) = e_0(t, x) + \sum_{n=1}^{\infty} (e_n(t, x) - e_n(t, -x)),$$

$$(t \geq +0, 0 < x < l)$$

$$i(t, x) = i_0(t, x) + \sum_{n=1}^{\infty} (i_n(t, x) + i_n(t, -x)),$$

$$(t \geq +0, 0 < x < l)$$

の如くにも表わせるのである。

(1. b). 受端開放の場合 ( $R_0 = \infty$ )

此の場合は、



$$\left. \begin{aligned} e(t, x) &= \frac{\cosh \gamma(p)(l-x)}{\cosh \gamma(p)l} \phi(p) \cdot 1, \\ i(t, x) &= \frac{\gamma(p) \sinh \gamma(p)(l-x)}{L(p+\alpha+\beta) \cosh \gamma(p)l} \phi(p) \cdot 1, \end{aligned} \right\} \quad \left( \begin{array}{l} t \geq +0, \\ 0 < x < l \end{array} \right)$$

であるが、

$$\begin{aligned} \frac{\cosh \gamma(p)(l-x)}{\cosh \gamma(p)l} \cdot 1 &\equiv \frac{2}{l} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{a_n \sin a_n x}{\gamma(p)^2 + a_n^2} \cdot 1 \\ &\equiv \frac{\cosh \sqrt{RG}(l-x)}{\cosh \sqrt{RG}l} \\ &\quad - \frac{2\varepsilon}{l\sqrt{CL}} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin a_n x}{b_n \sqrt{1+C_m^2}} \cos(b_n t - \varphi_m), \end{aligned} \quad \left( \begin{array}{l} t \geq +0, \\ 0 < x < l, \\ m = n + \frac{1}{2} \end{array} \right)$$

$$\begin{aligned} \frac{\gamma(p) \sinh \gamma(p)(l-x)}{L(p+\alpha+\beta) \cosh \gamma(p)l} \cdot 1 \\ &\equiv \frac{2}{lL} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{p+\alpha-\beta}{\gamma(p)^2 + a_n^2} \cos a_n x \\ &\equiv \sqrt{\frac{G}{R}} \frac{\sinh \sqrt{RG}(l-x)}{\cosh \sqrt{RG}l} \\ &\quad + \frac{2\varepsilon}{lL} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\cos a_n x}{b_n \sqrt{1+C_m^2}} \cos(b_n t - \varphi_m - \phi_m), \end{aligned} \quad \left( \begin{array}{l} t \geq +0, \\ 0 < x < l \end{array} \right)$$

であるから、

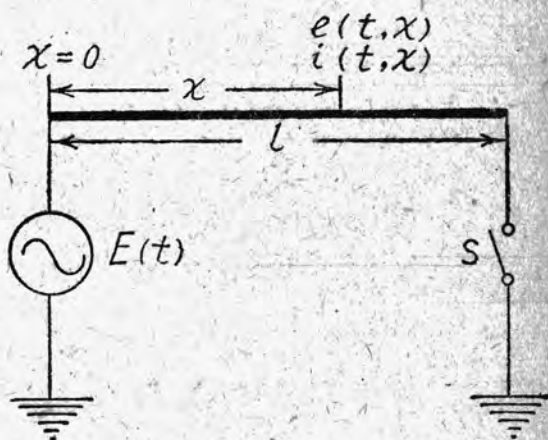
$$\begin{aligned} e(t, x) &= \frac{\cosh \sqrt{RG}(l-x)}{\cosh \sqrt{RG}l} E(t) \\ &\quad - \frac{2}{l\sqrt{CL}} \frac{d}{dt} \left\{ \int_{+0}^t E(t) \right. \\ &\quad \left. - \tau \varepsilon \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin a_n x}{b_n \sqrt{1+C_m^2}} \cos(b_n \tau - \varphi_m) d\tau \right\}, \\ &\quad \left( \begin{array}{l} t \geq +0, \\ 0 < x < l \end{array} \right), \\ i(t, x) &= \sqrt{\frac{G}{R}} \frac{\sinh \sqrt{RG}(l-x)}{\cosh \sqrt{RG}l} E(t) \\ &\quad + \frac{2}{lL} \frac{d}{dt} \left\{ \int_{+0}^t E(t) \right. \end{aligned}$$

$$\left. \begin{aligned} - \tau \varepsilon \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\cos a_n x}{b_n \sqrt{1+C_m^2}} \cos(b_n \tau - \varphi_m - \phi_m) d\tau \right\}, \quad \left( \begin{array}{l} t \geq +0, \\ 0 < x < l \end{array} \right)$$

となる。

又、(1. a) の場合と同様にして次の如き表現も得られる。

$$\begin{aligned} e(t, x) &= e_0(t, x) + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \{e_n(t, x) - e_n(t, -x)\}, \\ i(t, x) &= i_0(t, x) + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \{i_n(t, x) + i_n(t, -x)\}, \end{aligned} \quad \left( \begin{array}{l} t \geq +0, \\ 0 < x < l \end{array} \right)$$



第 9 圖

(2). 第 9 圖に示す如く、 $t < 0$  に於いて

$$\left. \begin{aligned} e(t, x) &= \frac{\sinh \sqrt{RG}(l-x)}{\sinh \sqrt{RG}l} E(t), \\ i(t, x) &= \sqrt{\frac{G}{R}} \frac{\cosh \sqrt{RG}(l-x)}{\sinh \sqrt{RG}l} E(t), \end{aligned} \right\} \quad (0 < x < l)$$

の如き電圧及び電流分布を持つ長さ  $l$  の送電線の送端 ( $x=0$ ) に於ける電源を  $t=0$  の瞬間短絡した場合、その後の線路上の電圧及び電流分布を求む。

解:

$$\left. \begin{aligned} e(-0, x) &= \frac{\sinh \sqrt{RG} (l-x)}{\sinh \sqrt{RG} l} E(-0), \\ i(-0, x) &= \sqrt{\frac{G}{R}} \frac{\cosh \sqrt{RG} (l-x)}{\sinh \sqrt{RG} l} E(-0), \end{aligned} \right\} \quad (0 < x < l)$$

なる故、(I. 3') 式及び (I. 4') 式の各右邊第二項は

$$\begin{aligned} & \frac{1}{\gamma^2 - D_x^2} H_e(\lambda, x) \\ &= \frac{\lambda(\lambda + 2\alpha) \sinh \sqrt{RG} (l-x)}{v^2(\gamma^2 - D_x^2) \sinh \sqrt{RG} l} E(-0) \\ &= \frac{\sinh \sqrt{RG} (l-x)}{\sinh \sqrt{RG} l} E(-0), \quad (0 < x < l), \\ & \frac{1}{\gamma^2 - D_x^2} H_i(\lambda, x) \\ &= \frac{\lambda(\lambda + 2\alpha)}{v^2(\gamma^2 - D_x^2)} \sqrt{\frac{G}{R}} \frac{\cosh \sqrt{RG} (l-x)}{\sinh \sqrt{RG} l} E(-0) \\ &= \sqrt{\frac{G}{R}} \frac{\cosh \sqrt{RG} (l-x)}{\sinh \sqrt{RG} l} E(-0), \quad (0 > x < l) \end{aligned}$$

となる。又、境界条件は

$$\begin{aligned} F_e(\lambda, 0) &= A_2 \lambda + E(-0) = 0, \\ F_e(\lambda, l) &= A_2 \cosh \gamma l + B_2 \sinh \gamma l = 0 \end{aligned}$$

であるから、是等より  $A_2(\lambda)$  及び  $B_2(\lambda)$  を定めてこれを (I. 3') 式及び (I. 4') 式に代入し、前例の計算を参照すれば、所要の解は

$$\begin{aligned} e(t, x) &= \frac{\sinh \sqrt{RG} (l-x)}{\sinh \sqrt{RG} l} E(-0) \\ &\quad - \frac{\sinh \gamma(p)(l-x)}{\sinh \gamma(p)l} E(-0) \\ &= \frac{2E(-0)}{\sqrt{CL}} \varepsilon^{-at} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin \alpha_n x}{b_n \sqrt{1+C_n^2}} \cos(b_n t - \varphi_n), \quad \left( \begin{array}{l} t \geq +0, \\ 0 < x < l \end{array} \right), \\ i(t, x) &= \sqrt{\frac{G}{R}} \frac{\cosh \sqrt{RG} (l-x)}{\sinh \sqrt{RG} l} E(-0) \\ &\quad - \frac{\gamma(p)}{L(p+\alpha+\beta)} \frac{\cosh \gamma(p)(l-x)}{\sinh \gamma(p)l} E(-0) \\ &= \frac{E(-0)}{LR} \varepsilon^{-\frac{R}{L}t} - \frac{2E(-0)}{LR} \varepsilon^{-at} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\cos \alpha_n x}{b_n \sqrt{1+C_n^2}} \cos(b_n t - \varphi_n - \psi_n), \quad \left( \begin{array}{l} t \geq +0, \\ 0 < x < l \end{array} \right) \end{aligned}$$

となる。

(つづく)

## 正 誤

VOL. 22 NO. 3 Heaviside 演算子法に對する新しい考察とその電氣回路解析に於ける應用 (XIII) において

容 容 梗 概

本文においては、端子装置のある半無限長送電線の一般の場合、線路定数が  $L, C$  或は  $R, C$  等の場合の各々について一般解又は漸近解を求めてある。

と訂正す。

22 頁~24 頁の圖面

誤…… 第 2, 3, 4, 5, 6 圖

正…… 第 4, 5, 6, 2, 3 圖

24 頁 右欄

$(\lambda - \alpha_1)(\lambda - \alpha_2)(\lambda - \alpha_3) \equiv \lambda^3 + 2A\lambda^2 + A^2\lambda - B^2$  なる故

…… 換言すれば  $\arg \alpha_i = 2\pi$  である。先づ

は

$(\lambda - \alpha_1)(\lambda - \alpha_2)(\lambda - \alpha_3) \equiv \lambda^3 + 2A\lambda^2 + A_0\lambda - B_2$  なる故

…… 換言すれば  $\arg \alpha_i = 2\pi$  である。) である。先づ

の誤りに付き訂正致します。

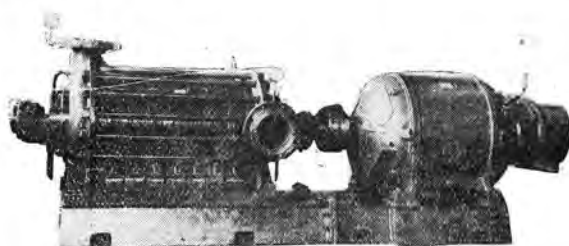
# 標準型 200 耗 タービンポンプ

## 特 長

- ☆各部は軽量で、取扱、組立、分解、運搬に便利。
- ☆運轉は圓滑で、振動、騒音、故障が少ない。
- ☆各部分の互換性は確實で、部品の取換えが簡易である。
- ☆水中の含有不純物が氷封輪内部に沈積し、空氣が吸入して揚水不能に陥ること等は無い。
- ☆第1段羽根車入口の點檢、手入が簡易である。
- ☆必要に應じ段數を増加し、簡単に揚程の増加が出来る。

## 仕 様

吐出管徑	200 mm
揚水量	3.75/4.5 m <sup>3</sup> /mm
段數	8
電動機出力	350/600 KW
吸入管徑	250 mm
總揚程	336/480 m
回轉數	1,450/1,750 r.p.m.



## 「三菱電機」 VOL. 22 NO. 3 掲載内容

## 「三菱電機」 VOL. 22 NO. 5 内容豫定

自動電壓調整器の調整電壓……………尾 畑  
静電容量及び自己誘導直視装置……………津 村  
鎢物理型熱板……………飯 川  
三菱 PC-101 型クリスタルピクアツプ……………田 村  
ミシン發達史(補)……………近 藤  
Heaviside 演算子法(XIII)……………伊 東  
菅 野

陰極線オッシログラフに依る  
全電子放射特性の測定……………長 沼  
有機珪素化合物の研究……………馬 波  
鎮山川標準型多段タービンポンプ……………小 山  
誘導加熱の利用について……………原 田  
161KV 用 V 型碍子型遮断器……………上 野

### 新製品紹介

坑内用高壓油入開閉器付變壓器  
クイックヒータ

48-G 型ラジオ受信機……………五十嵐  
新製品紹介……………櫻 本  
黒 田  
開 發

## 「三 菱 電 機」 VOL. 22 NO. 4

昭和 23 年 8 月 15 日 印刷

昭和 23 年 8 月 20 日 發行

『禁 無 斷 轉 載』

定 價 1 部 金 4 圓 (送料 4 圓)

編 輯 兼 發 行 人

小 林 稻 城

印 刷 者

大 橋 松 三 郎

印 刷 所

博 文 堂 印 刷 所

發 行 所

三 菱 電 機 株 式 會 社 內  
「三 菱 電 機」 編 輯 部

電話 丸之内線 3 3 4 4 (6)  
日本出版協會會員番號 B 213013