

# 三菱電機

—MITSUBISHI - DENKI—

VOL. 23 No.

8

## 目 次

- |  |           |
|--|-----------|
| 變壓器の窒素封入裝置                                       | 岩原二郎 (1)  |
| FL-I 型 パルス式線路障害探知機                               | 樺本俊彌 (6)  |
| 電動機操作順序開閉器                                       | 松田新市 (14) |
| Heaviside演算子法に對する新しい考察と<br>その電氣回路解析における應用 (XVII) | 菅野正雄 (21) |
| 新製品紹介  |           |
| HL型輕動斷路器   | 表紙二       |
| I 16 型三菱電氣アイロン                                   | 表紙三       |

1949

三菱電機株式會社

# 變壓器の窒素封入裝置

變壓器に窒素封入の方式を探れば、油の劣化防止に非常に有効である事は知られており、我國においても『イナーテヤコンパウンド』と稱する化學薬品による方法は採用され幾多使用されているが、この方式は使用するこの薬品の入手その他に不便を感じている。本文において今回當社において製作した、窒素ガスを直接使用する方法の構造及び作動の大要を説明した。

伊丹製作所 岩原二郎

## 1. 緒言

油入變壓器の温度上昇と絶縁耐力を設計値通りに維持して安全に使用するためには、油は使用中常に新しく注入された時のまゝの性質を保つていなければならぬ。變壓器においては油の劣化を防ぎさえすれば、固體絶縁物が劣化する事は殆んど考えられないから、絶縁耐力の點から考えても、油の劣化を防止するのが變壓器の保守上最も大切な事である。

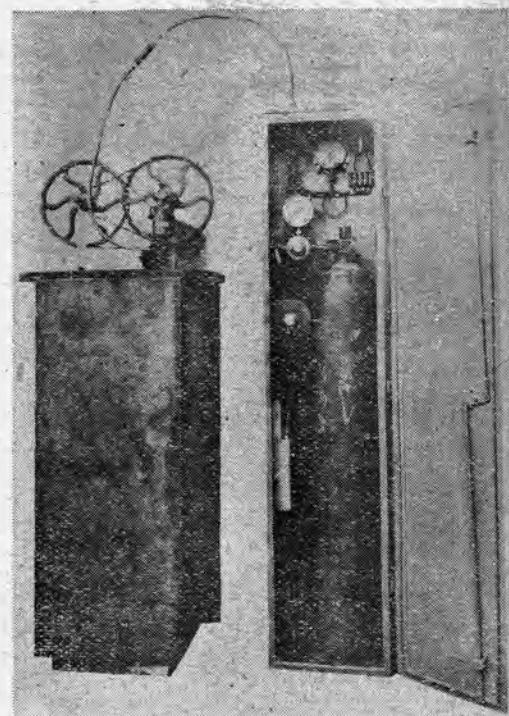
變壓器油のもう一つの役目は、變壓器内部で発生する熱を運んでこれを冷却器から發散させる事である。この際變壓器内部における油の循環速度が大きい程冷却効果はよいから、自冷式の變壓器では殊に、粘度の低い、温度による膨脹係数の大きな油が望ましいのである。しかし一方、温度により油の膨脹収縮が大きいといわゆる『呼吸作用』なる現象が、必然的に大きくなるのは避けられない所である。

普通の構造の變壓器では、負荷及び周囲温度の變化により、油の温度が上昇して體積が膨脹すると、タンク内の空氣を大氣中に吐き出し、次に温度が下つて油の體積が減ると、タンク内へ大氣を吸込むようになつてゐる。これを、變壓器の『呼吸作用』と云い、負荷及び周囲温度の變化につれて毎日これを繰り返すが、この際新しい外氣を吸込むごとに、大氣中の酸素といくらかの濕気が、タンク内に入つて來て、この水分がタンク壁及び油面に凝結する。

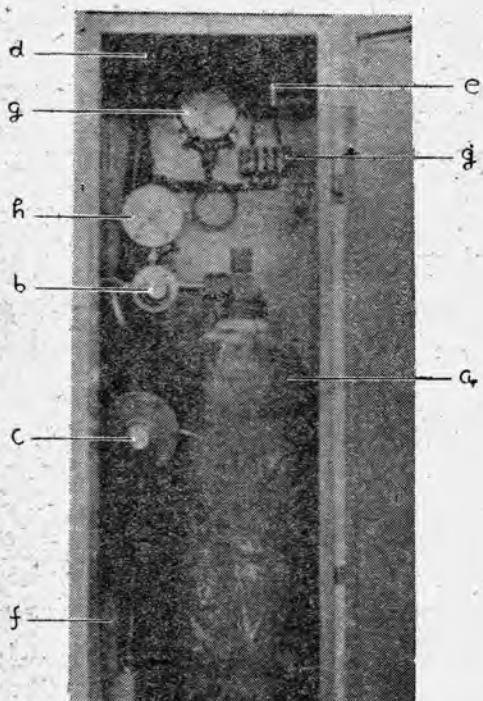
水分と酸素は變壓器油の大敵で、油に水分が入ると、電氣的絶縁度を下げ、石鹼状のスラッジを生ずる。また空氣中の酸素は、熱い油と化學作用を起して、油が濁つて來て、最悪の場合は、コイルや鐵心等に固體の沈澱物がたまつて來るようになる。こうなると、コイル表面からの傳熱を悪くするばかりでなく、通路を狭めて油の循環を悪くし、また時には、これ等の沈澱物が水分を吸收して、層間短絡、その他重大な故障を起す原因となるこ

とさえある。

これを防ぐために、従来は外氣吸入口に『イナーテヤコンパウンド』と稱する、特殊な銅の粉末と鹽化カルシューム及び炭素粉末等のガス吸收剤を用い、タンク内に吸入される外氣中の酸素と湿氣等を、出来るだけ除去する方法が用いられた。この方法は、イナーテヤコンパウンドの補充が面倒であり、経費もかさむ缺點がある。あるいはまた、タンク上部の空隙に窒素ガスを封入し、油その他で密封しておき、この空隙を充分大きくとつて、油が膨脹収縮しても變壓器内の壓力變化がさほど大きくならないようにする方法等、種々の工夫が施されている



1 図 寿命試験中の窒素封入装置



2 圖

- a 窒素ボンベ b 第一段第二段弁 c 第三段弁
- d 操作弁 i 水銀調整器 g 聯成計
- h 高圧ゲージ f 警報接點用ターミナル

が、今回製作したものは、變壓器上部の空隙あるいはコンサーべータに窒素ガスを封入しておき、呼吸作用その他の原因によりガスが減少して來たら、附屬の窒素ボンベから自動的にこれを補給して、油が絶対に外氣と接觸しない構造であつて、以下この方式について述べてみる。

## 2. 構造及び作動

1 圖及び2圖に示したような外觀を有し、下記の部品から構成されている。

1. 減 壓 辨
2. 水銀調整器
3. 操 作 辨
4. 高圧ゲージ
5. 聯 成 計
6. 窒素ボンベ
7. 外箱及び配管

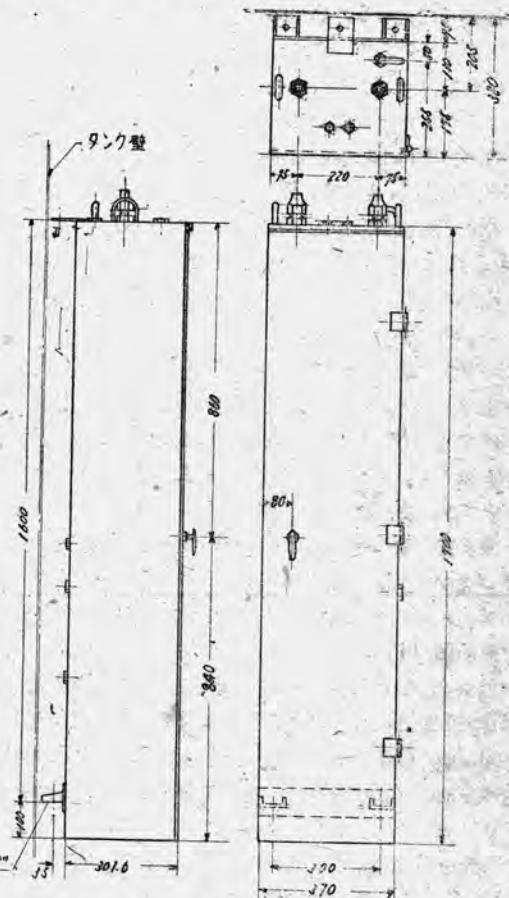
外形寸法は3圖の如く、高さ 1700 mm × 幅 370 mm × 奥行 300 mm の鐵板熔接製の外箱に收め、これを緩衝装置を介して、變壓器のタンク側面の適宜な位置に取付けるようになつている。

變壓器タンクは、既設の普通の構造のものに殆んど改造を施さず取付けられるが、窒素の消費量を少くするに

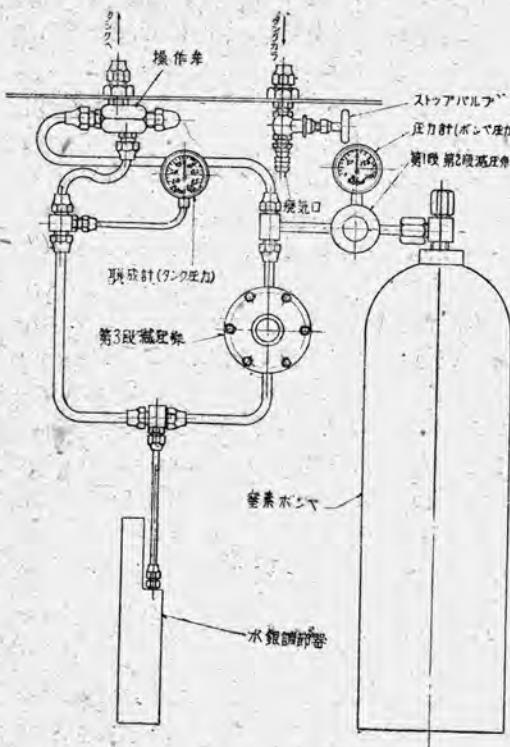
は、窒素室容積を増加させるため、コンサーべータの容積のやゝ大きなものを取付けるか、あるいは別のコンサーべータを附設する事が望ましい。また變壓器油槽の上部または側部の空いたスペースをこの窒素室に利用すれば變壓器油を節約できて好都合の場合もある。

4 圖によりその作動の概略を述べる。先ずポンベから出た高圧窒素ガス（最高圧力  $150 \text{ kg/cm}^2$ ）は第一段第二段減壓弁に入り、 $0.5 \text{ kg/cm}^2$  まで減圧され、これが更に第三段減壓弁に入り、 $0.05 \text{ kg/cm}^2$  まで減圧されて、操作弁を經て變壓器タンクの上部空隙（あるいはコンサーべータ）へ流入する。タンク内の圧力が  $0.05 \text{ kg/cm}^2$  になると、減壓弁は自動的に閉じて窒素はポンベから流しなくなる。タンク内の圧力が  $0.05 \text{ kg/cm}^2$  以下になると再び減壓弁が自動的に開いて窒素を補給し、ポンベが空になるまで以上の動作を繰返し行う。

第二段減壓弁の出口に丁接手があり、一方の口は操作弁を經てタンク上部の窒素室に連絡しているが、これは普段は操作弁の所で閉じられていて、タンク上部には通



3 圖 窒素封入装置外形圖



4 図 配 管 圖

じておらず、タンク内のガスを急速に新しい窒素で置換したい場合だけ操作弁を開いてタンクへ通じるようになつている。

水銀調整器は一種の安全弁で、タンク内の圧力が高くなり過ぎてタンクを損傷したり、あるいは高度の真空中になつてバッキングの漏洩等のため、知らない間に空気をタンク内に吸込んだりするのを防ぐためのものである。

排氣孔はタンク内のガスを新しい窒素ガスと置換する時、あるいはタンク内のガスの酸素含有量を検査する時等にのみ使用し、普段は固く閉じておく。

#### (a) 減 壓 弁

5 図参照。ポンベから出た高圧ガスは第一段減圧弁に入り、先ず「ちりこし」を通りこゝで微細な塵まで全部とり去られる。この高圧ガスは第一段弁が開いている場合これを通つて第一室に入る。第一室に入ったガスの圧力が  $15kg/cm^2$  になると、ガス壓が第一段ダイヤフラムを押す力が第一段調整発條の力に打克つかるダイヤフラムと弁の間に隙間が生じ、弁は第一段弁発條に押されて自動的に閉じ、ポンベ内から第一室へのガスの流入は停止する。逆に第一室のガス壓力が  $15kg/cm^2$  以下になると、調整発條の力が、ダイヤフラム及び弁発條の力より大きくなつて弁を押し開き、ポンベ内のガスは第一室内

変圧器の窒素封入装置・岩原

の壓力が  $15kg/cm^2$  になるまで流出する。すなわちポンベの壓力如何にかくわらず第一室内には常に壓力  $15kg/cm^2$  の窒素ガスが充満している。

第一室の  $15kg/cm^2$  のガスは上と同様にして第二段減圧弁で自動的に  $0.5kg/cm^2$  に減圧され第二室は  $0.5kg/cm^2$  の壓力のガスで満たされている。

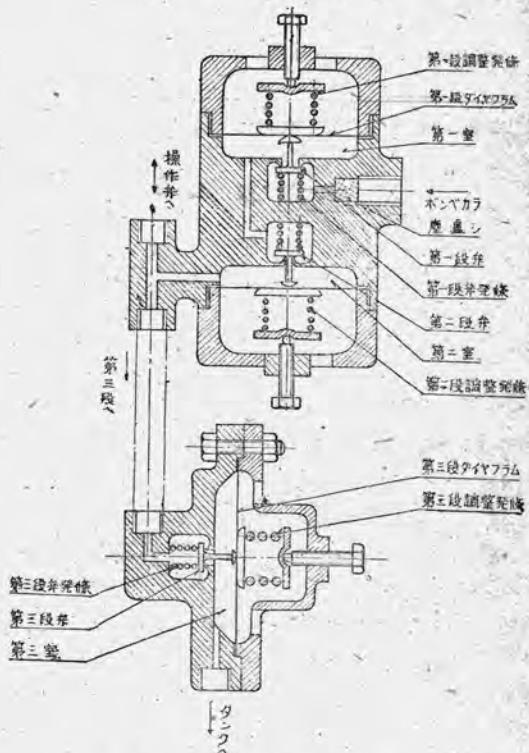
$0.5kg/cm^2$  まで減圧されたガスはパイプを経て第三段減圧弁に導かれ、こゝで更に第三回の減圧を受け  $0.05kg/cm^2$  まで下り變圧器タンクへ流入する。すなわちタンク内の壓力が  $0.05kg/cm^2$  以上の場合は減圧弁は常に閉じており、壓力がこれ以下に下つた場合に減圧弁は開いてポンベから窒素ガスを補給してやり、ポンベが空になるまで上の動作は繰返し行われる。

第三段弁を閉じている力は、第三段弁発條の力と第二室内のガス壓力が第三段弁を押す力であるから、第二室内の壓力があまり高くなり過ぎると第三段弁の動作が悪くなる懸念があるから、第二室には安全弁をつけて第二室内の壓力があまり高くならないようにしている。

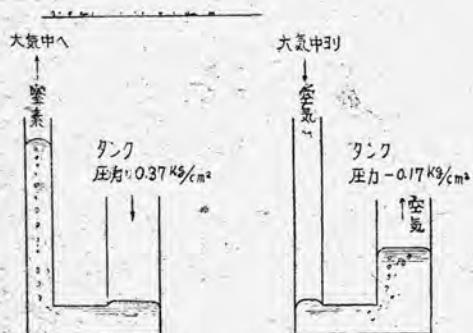
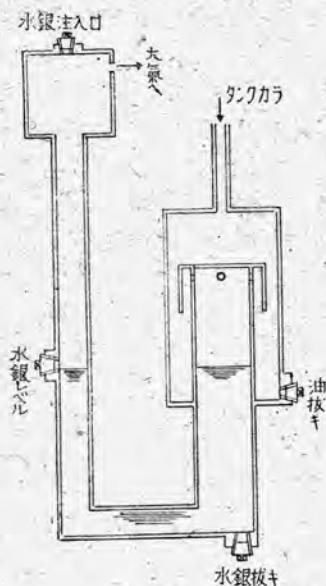
#### (b) 水銀調整器

6 図参照。水銀調整器はタンク内の壓力を一定範囲に

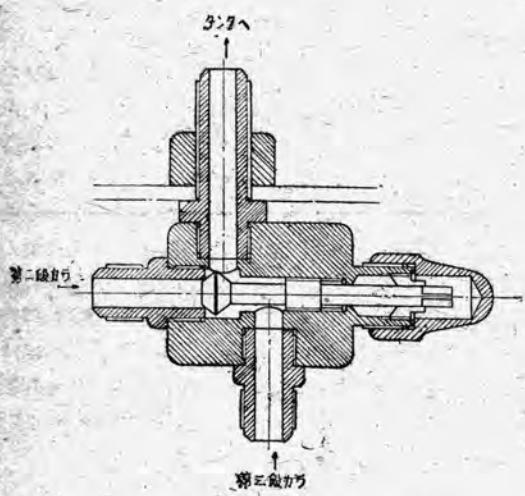
#### 減 壓 弁 第一段 第二段



5 図 減 壓 弁



6 図 水銀調整器



7 図 操作井

保つための安全装置で、6図のような水銀入U字管で、片方の脚の断面積は他方の脚の断面積の約2倍にとつてある。タンク内の圧力が $0.37\text{kg}/\text{cm}^2$ になると窒素ガスは水銀柱を押し上げて大気中に放出される。また装置に故障があるか、窒素ボンベの空になつたのを取替えずに放置して、タンク内が真空になつて來た場合は $-13\text{cmHg}$ になると、大気が水銀柱を押し下げてタンク内へ侵入しタンクのバッキング等が損傷するのを防ぐ。

### (c) 操作辨

7図のような構造の三方辨で、普段は第二段T接手からの口を開じ、第三段入口からタンクへガスが流れるようにしておく。タンク内の空気を窒素で置換する場合、 $0.05\text{kg}/\text{cm}^2$ の窒素ガスでは時間がかかるから、この場合は第三段からの入口を閉じ、第二段出口から $0.5\text{kg}/\text{cm}^2$ の圧力の窒素ガスをタンク内へ流入させる。

## 3. 安全装置

### 1. ボンベ内の窒素が消費されて空になつた場合

ボンベ内の圧力がタンク内の圧力と等しくなるまで、すなわちボンベが完全に空になるまでガスは流出するが安全と補充取替のために、ボンベ内の圧力が $15\text{kg}/\text{cm}^2$ まで下ると壓力計の電氣接點が閉じて警報を發するからこの時はボンベを取替えねばならぬ。

### 2. タンク内の圧力が萬くなり過ぎた場合

タンク内の圧力が $0.37\text{kg}/\text{cm}^2$ になると、水銀調整器からタンク内の窒素ガスを大気中に放出して圧力を下げるそれでもなお圧力が上昇するような場合は、 $0.4\text{kg}/\text{cm}^2$ になると聯成計の電氣接點が閉じて警報を發するからこの場合は速かに點検して故障の原因を除去する必要がある。

### 3. タンク内の圧力が低くなつた場合

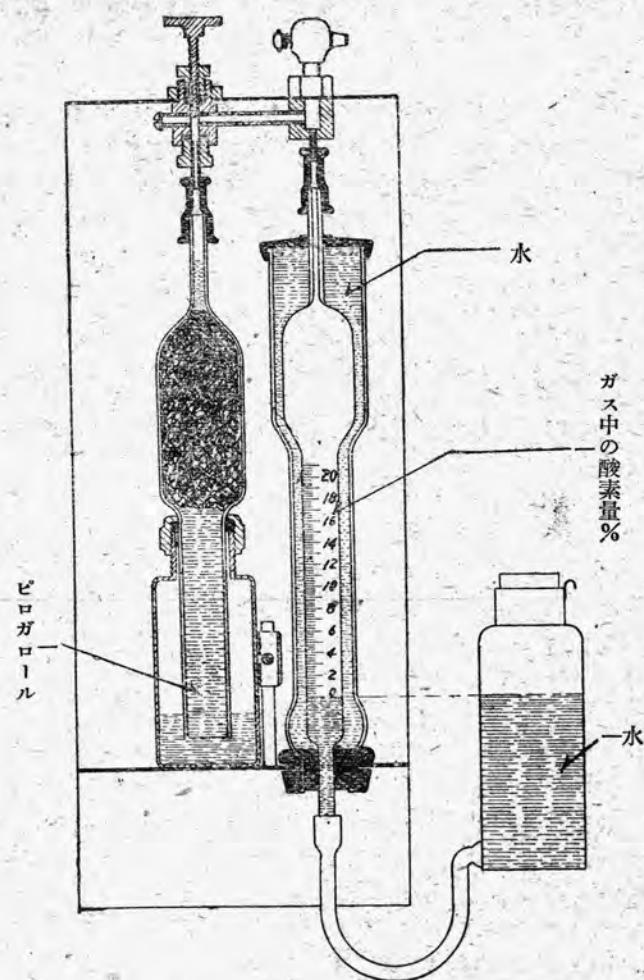
タンク内の圧力が低くなり過ぎるとバッキング部分等から知らぬ間に空気を吸込んでいる危険があるから、タンク内の圧力が $-7.6\text{cmHg}$ になると聯成計の電氣接點が閉じて警報を發する。この時なお放置しておいても圧力が $-13\text{cmHg}$ になると水銀調整器から大気を吸込んでタンクのバッキング等が損傷するのは防ぐ。しかし一度空気を吸込むとこれを完全に追出すのには手数がかかるから、真空になつて警報を發した場合は速かに處置せねばならぬ。

### 4. 保守と取扱い注意

1. 取付けが完了したら運転に入る前に全部のジョイント部分のガス洩れを検査し、なおバッキングの點検と油その他に吸収されていたガスの排出のため、取付けて

8 図

酸素定量器



から最初の一ヶ月間は一週間に一回宛位タンク内のガスの酸素含有量を8圖のようなガス分析装置を用いて検査する。酸素含有量は1%以下を理想とし3%以上になると、窒素封入の効果が激減するから注意を要する。なお時々ポンベ圧力を注意し、窒素の消費量があまりに烈しい時は各部の洩りを點検してみる必要がある。

2. 窒素の消費量は、タンク及び窒素室の大きさ、変圧器負荷の変化状態等により一定しないから概には言えないが、今までの経験によると、窒素7.5kg入りのポンベ1本で大體半年ないし2年の使用に耐える。

## 5. 結 言

本装置は既設の古い変圧器に簡単に加工取付けする事  
変圧器の窒素封入装置・岩原

が出来、この方法を探ると、タンク内には酸素及び水分が全然入つて來ないから、油は濁つたりスラッジを生じたりせず、従つて油の濾過補給の手間が省け、変圧器の保守費用の最も大きな部分が節約される。かつ窒素は不活性ガスであるから、萬一の故障の場合爆發引火の危険も、普通の構造の変圧器に比べて遙かに少ない。油の冷却効果が使用中減少しないから、コイルや鐵心の温度上昇は油の新しい時と變りがなく、変圧器に常に全負荷を安心してかける事が出来るばかりでなく、時には短時間の過負荷も自信を持つて課する事が出来る。また変圧器本體及び油の壽命が永くなり、從來のものの油の消耗代に比して窒素の費用は無視できる程である。

# FL-1型パルス式線路障害探知機

Echo-Ranging 法による線路障害探知の原理と特長を簡単に述べ、今回開発された FL-1 型線路障害探知機についてその特長、主要諸元、性能ならびに試験結果の一例を発表した。試験は架空通信線、無荷重市外ケーブル及び高圧送電線について行つたものである。

伊丹製作所 横本俊彌

## 1. 緒 言

通信線路においても送配電線路においても障害箇所の探知は線路の保守上極めて重要な問題であり、従来障害の種類に応じ Murrayloop, Varlayloop 等の電橋法、あるいはインピーダンス法、テレフォルトその他種々の方法が用いられて來たが、何れも測定がかなり面倒かつ測定結果も不正確であり、障害箇所の發見に要する努力ならびに経費は少くなく、しかも迅速な障害の復舊が第一義的に考えられる線路保守關係においては迅速的確な障害箇所の検出に對する要望は切實なものがある。

しかるに障害點で反射現象のある事を利用し、Radar の原理によつて障害點までの距離を測定する障害探知方式は米國においては Line Fault Locator として既に戦時中より實用され、従来の障害探知方法に比し著しく優れている事が認められて來た。この方式の特長は

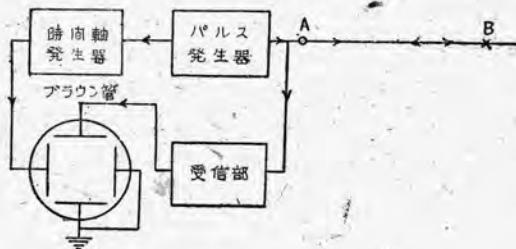
- (1) 測定が簡単で迅速に出来る。
  - (2) 障害箇所までの距離が正確に測定出来る。
  - (3) 斷線、短絡、地氣、絶縁低下、混線等殆どすべての種類の障害を対象とする事が出來、かつ障害の種類を一見して判定し得る。
  - (4) 線路の状態が一見して判る。
  - (5) 発生したり止んだりする障害も探知出来る。
- 等であり、従来の障害探知に對し劃期的な方法であると言ふ事ができる。

我々は各方面にこの方式による障害探知装置が要望されている事を知り、昨年來實用機の開發に着手し最近漸く製品 FL-1 型を完成したので茲にその概要と試験結果の一部を發表する次第である。

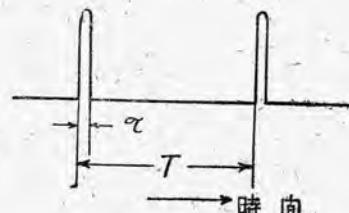
## 2. 原 理

### 2.1 距 離 測 定

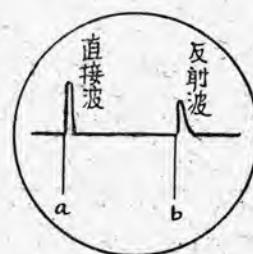
測距の原理は既に周知で述べるまでもないが、簡単に説明すると次の通りである。1 圖はこの方式の原理を示す



1 圖



2 圖



3 圖

す構成圖である。2 圖に示す如く幅  $\pi$  (普通數マイクロ秒)なるパルスを適當な周期  $T$  で線路へ發射すると、その線路に固有の速度で (架空線の場合は殆ど光速、ケーブルでは  $(0.5 \sim 0.8) \times$  光速の程度) 線路を進行して行くが線路インピーダンスが急變している箇所(障害箇所等)

B点では一部は反射され測定點Aの方へ歸つて来る。この反射波を反射したバルス(直接波)と共に受信増幅し、これを周期Tに同期せしめた時間軸を有するプラッシュ管の縦軸に加えると、例えば3圖の様な映像が得られる。3圖でa.b間を掃引するに要した時間はバルス波が線路のA.B間を往復するのに要した時間であるから、この時間とその線路における傳播速度を測定すれば、測定點Aより障害點Bまでの距離は直ちに求められるわけである。

## 2.2 障害と反射現象

進行波が線路を進行する場合にインピーダンスの不整點で反射が起る事は既に古くからよく知られている現象であるが、障害と反射波との関係を知つて置く事は本方式によつて障害を探知するに當つて極めて重要である。

4圖において  $Z_1, Z_2$  を線路のサージインピーダンスまたは集中インピーダンスとすれば、接續點Aに向つて  $Z_1$  線路より進行して來た電圧波に對する反射係数  $m$  は次式で與えられる。

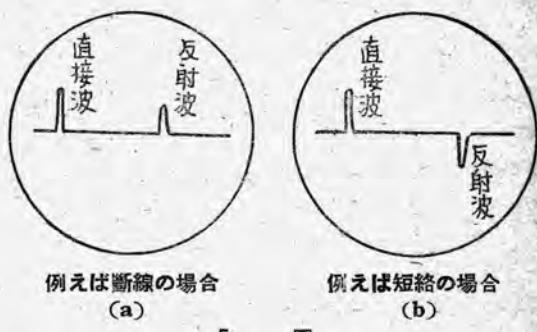
$$m = \frac{V_2}{V_1} = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_1 + Z_2}$$



こゝに  $V_1, V_2$  はそれぞれA點における進入波と反射波の電圧を表わす。よつて  $Z_1, Z_2$  が純抵抗である場合には  $m$  も實數となり、 $Z_2$  の  $0 \sim \infty$  の變化に對し  $m$  は  $-1 \sim +1$  の間に變化する。 $Z_2 > Z_1$  では  $m > 0$  すなわち反射波は進入波と同極性、 $Z_2 < Z_1$  では  $m < 0$  すなわち反射波は進入波と反対極性となる。

これを障害の種類と對應させると断線、接續不良等( $Z_2 > Z_1$  の場合に)、短絡、絶縁低下、地氣、混線等( $Z_2 < Z_1$  の場合に相當し、これ等の場合に得られるプラッシュ管上の映像はそれぞれ5圖(a)(b)の如くなる。

またインピーダンス變化が大きい程  $m$  の絶對値が大きくなり強い反射が現われる。これ等の性質によりプラッシュ管に現われる映像から障害の種類あるいは程度を容易に判定する事が出来るのである。



例えは断線の場合

(a)

例えは短絡の場合

(b)

5 圖

なお  $Z_1$  あるいは  $Z_2$  がリアクタンス分を有しリアクタンスの不整がある場合には反射波の波形はやや面倒になるが、一般的に言つてバルス波形を微分した様な波形となることが計算されている。

次に波形観測の際に問題になる逐次反射がある、これは探知機と被測定線路との間にインピーダンスの不整合がある場合に起る。障害點からの反射波が強く線路の減衰が小さい場合には障害點と探知機の間を反射波が何回も往復し、一つの障害點の反射波がプラッシュ管上に幾つも現われる。

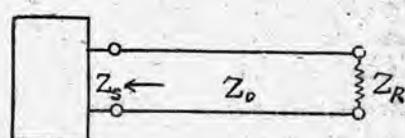
## 6 圖において

$Z_s$  = 探知機出力インピーダンス

$Z_R$  = 障害點のインピーダンス

$Z_o$  = 線路の特性インピーダンス

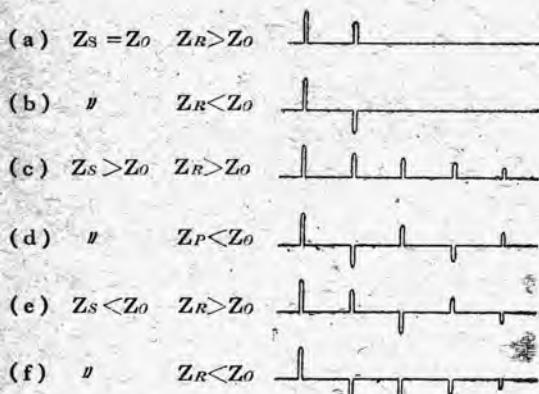
とすると、 $Z_s, Z_o, Z_R$  の大きさの關係により、この



6 圖

場合に生ずる逐次反射波の極性は上述した處により7圖に示す如くなる事は容易に理解できよう。障害探知に當つて逐次反射が邪魔になる場合には探知機出力インピーダンスを線路の特性インピーダンスに整合せしめれば7圖(a)(b)の如く第2回以後の反射波を容易に消す事ができる。

一般に障害のない線路においても分岐點、接續點、大地の不整、撲架あるいは一部分に特性の異つた線路の使用等によりかなり複雑な反射波形が現われることが多いが、斯る場合には障害のない時の映像を模寫または撮影により記録して置き、障害時の映像と比較すれば容易に障害點を見付ける事ができる。



7 圖

### 3. FL-1 型の概要

#### 3.1 設計方針と特長

FL-1 型の設計に當つては、次の點を考慮した。

- (1) 測距の確度を出来るだけ上げる事……本機固有の誤差を出来るだけ小さくしつて精度を上げて測距確度を上げる事に努めた。本機の測距方式については後述する。
- (2) 可搬式である事……これは種々試験の結果一般に電話に使用せられている  $Z_o = 200\Omega$  無装荷ケーブルでの探知能力は大體  $20km$  が限度である事が判つたので、多數本機を設置する場合はとも角、少數臺数で相當廣い範囲の保守に使用するには可搬式の方が便利であると考えた。
- (3) 使用真空管は市場の標準品種に限る事……これは本機の保守上の必要からで、例えば廣帯域増幅には highgm 球の使用が望ましいが遺憾ながら標準品種として製作されていないため 6C6 を使用した。またプラウン管は映像を見易くするため容積、重量を犠牲にして  $120mm$  を使用した。
- (4) 取扱を出来るだけ簡単にする事……熟練者でなくとも取扱える様に調整箇所を出来るだけ少くし、次の 8 箇所に纏めた。
  - 輝點調整 距離範囲切換
  - 焦點調整 時間軸振幅調整
  - 上下調整 利得調整
  - 左右調整 距離計
 距離計の構造には工夫を凝らし、起點調整等を不要ならしめる様にした。その結果本機の操作は普通のプラウン管オシロスコープの取扱いと同程度あるいはそれ以下となつてゐる。
- (5) 距離範囲を切換え得る様にする事……試験の結果

少くとも 2-range にする事が使用上便利であり、構造の複雑化を厭わず 2-range とし最初のものは測定範囲を  $30km$  と  $150km$  を切換え得る様にした。

(6) 整合器を附屬せしめる事……試験の結果より逐次反射の阻止の必要な場合を考慮して、整合器を附屬せしめた。整合器はそれよりも寧ろ測定を迅速ならしめるため障害の種類に応じ線路接続の切換えを迅速にすることを目的としている。

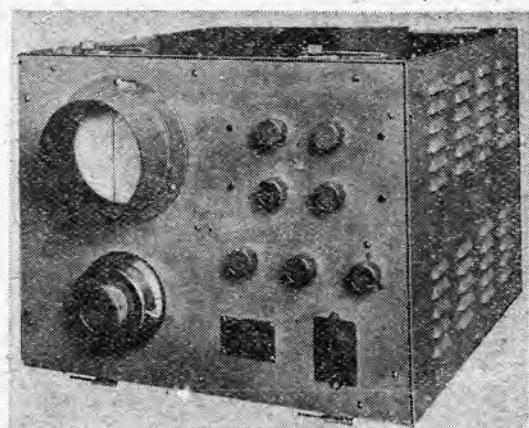
(7) 寫眞撮影を考慮する事……このために X 線用ライカ版寫眞機を簡単に取付け得る様、フードならびにアダプターを設計附屬せしめた。

(8) 電源電圧の変動に應じ得る事……このためには廣い範囲に調整し得る電圧調整器を附屬せしめた。

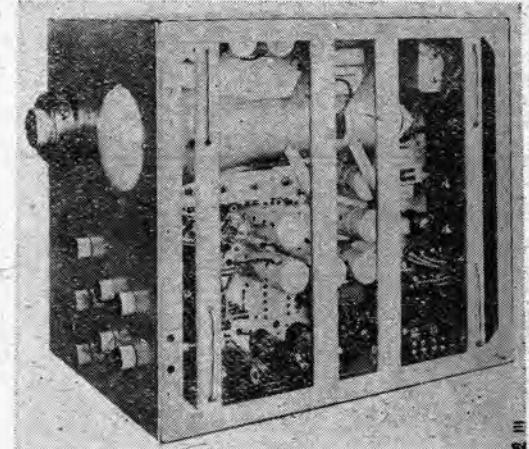
8 圖～11 圖は本機の外観ならびに内部を示す。

#### 3.2 諸元 特性

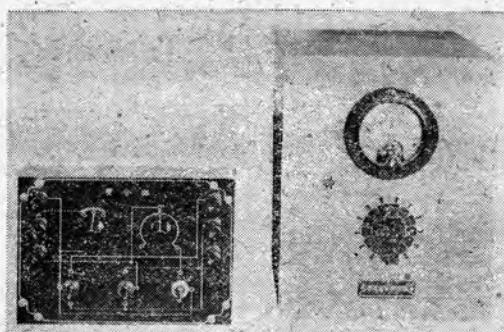
本機の主要諸元は次の通りである。



8 圖

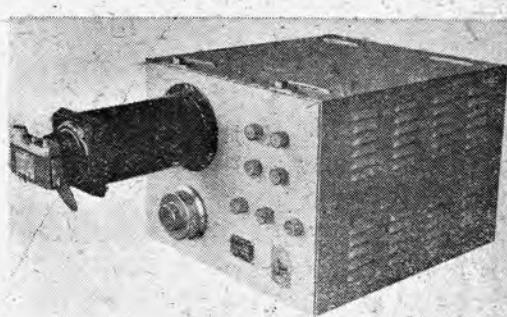


9 圖



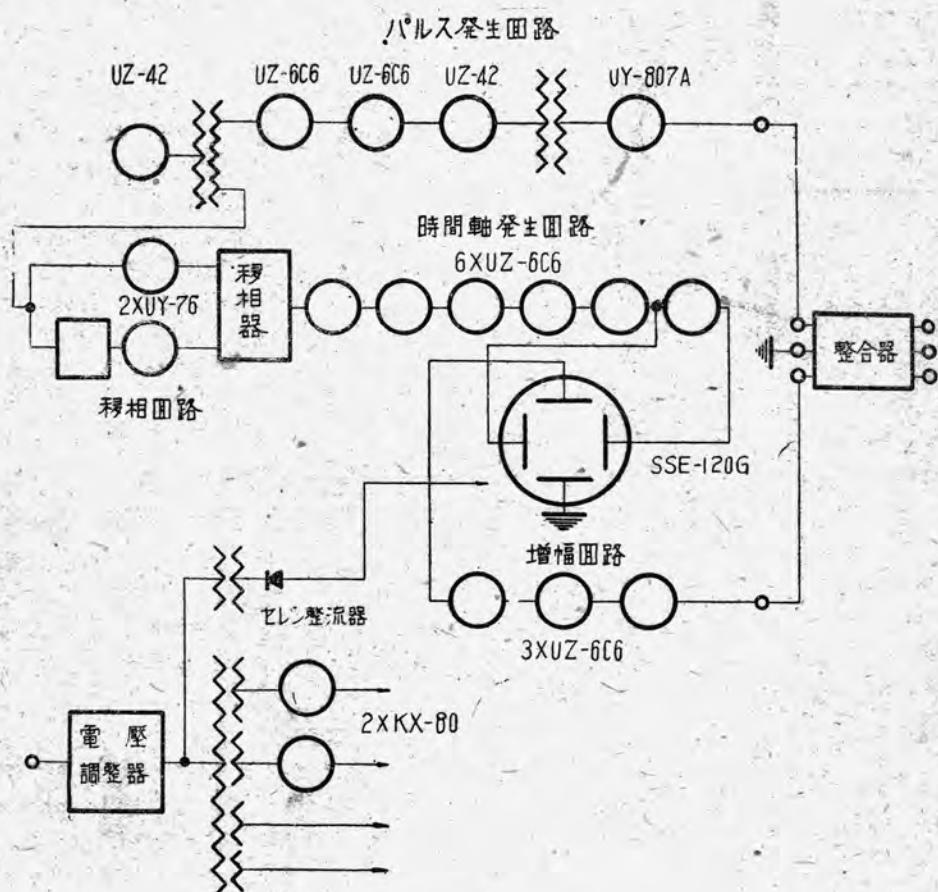
10 図

測定範囲 30km 及び 150km (変更可能)  
繰返周波数 5000 c/s 及び 1000 c/s  
パルス幅 1.5ないし 2.0  $\mu$ s  
讀取精度 1/1500  
確 度 線路の特性により變るが  
150km range で最大  $\pm 500m$  以下  
30 km " "  $\pm 100m$  以下



11 図

時間軸 直線時間軸  
出力インピーダンス 1000 $\Omega$   
整合器 出力インピーダンスを 700 $\Omega$ 以下の線路  
に整合せしめ得ると共に障害の種類に應  
じ迅速に接続を變更し得る如くした。  
70~120V 及び 160~260V の電源電壓  
に應じ得る。



12 図

重 量 大體  $47\text{kg}$  整合器  $1.3\text{kg}$   
 電圧調整器  $10.5\text{kg}$   
 尺 法 本 体  $450\text{mm} \times 350\text{mm} \times 550\text{mm}$   
 整 合 器  $200\text{mm} \times 140\text{mm} \times 75\text{mm}$   
 電圧調整器  $200\text{mm} \times 270\text{mm} \times 210\text{mm}$

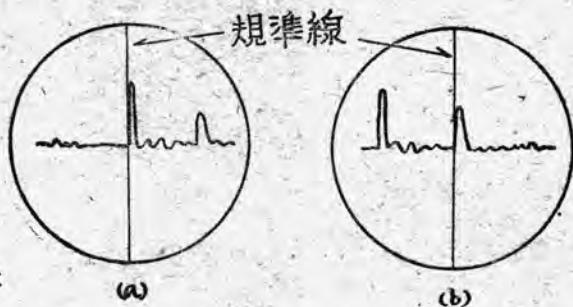
### 3.3 回路方式

12 図は本器の回路方式を示す。使用真空管は  
 $UZ-6C6\cdots 11$  本  $UY-76\cdots 2$  本  $KX-80\cdots 2$  本  
 $UZ-42\cdots 2$  本  $UY-807\cdots 1$  本  $SSE-120G\cdots 1$  本

である。

### 3.4 測距方式

精度ならびに使用上の便利さを考え工作上の不利を忍んでゴニオ型移相器を採用した。本機のゴニオ型移相器は東北大學通信研究所石田教授の戦時中の貴重な研究結果に基き設計したもので、工作ならびに回路調整による誤差以外は原理的に誤差を生じない構造になつており精密工作と正しい回路調整により誤差を極めて小になし得るものである。13 図は實測誤差曲線で  $150\text{km}$   $\sim$   $30\text{km}$  両測定範囲共誤差は最大  $\pm 1^\circ$  ( $\pm 2.8 \times 10^{-3}$ ) 以内に収入つている。ゴニオ型移相器の使用により距離範囲を切換ても % 誤差は一定となし得るのであつて、例えば最大誤差は  $30\text{km range}$  では  $150\text{km range}$  の場合の  $1/5$



14 図

距離計はパルスの傳播速度を光速 ( $300m/\mu s$ ) として目盛つてあるから、測距に當つては各線路について傳播速度を測定し較正する要がある。この較正は供試線路の既知長を用い人工障害 (例えば断線、短絡等) を作つて上述の如く測定し、その場合の實長を  $L_0\text{ km}$ 、距離計の読みを  $L\text{ km}$  とすれば較正係数は  $L_0/L$  となり爾後はその線路について得られた読みにこれを乗ずればよいのである。

實際問題としては線路の實長が正確に判らぬ場合が多く、電柱間隔の和を線路長としているのが通例であり、また急峻な過渡現象に對し實際の線路が無歪條件を充

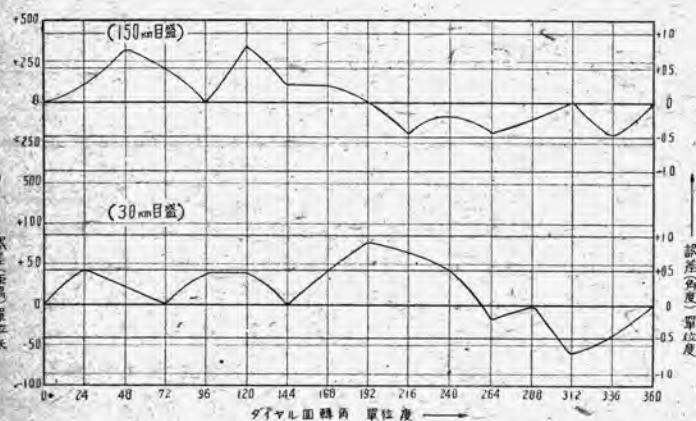
ねたために生ずる反射波の build up に基づく誤差等、裝置固有の誤差以外の誤差もすべて較正係数の中に含まれてくるからこれ等が綜合された測距の誤差はかなり複雑なものとなつて来る。なおまた架空裸線路と云つても處々にケーブル等の異種線が混用されている等、實際の線路では複雑な場合が多いが既知長の數箇所について較正して置けば障害箇所の推定精度は十分上げる事ができる。

### 4. FL-1型による試験結果の一例

本年 7 月日發小曾根發電所において架空裸通信回線、24 対無斐荷市外ケーブル、 $77KV$  架空送電線について行つた試験結果の一部を示せば次の通りである。なお断線、地氣、混線等はすべて人工障害によつた。

#### 4.1 架空通信線路

15 図は大廣 #1 線 ( $Z_0=600\Omega$ ) において姫路 (距離  $90$ 、 $761\text{km}$ ) にて兩線開放し、 $150\text{km range}$  にて線間を測定せるものである。この場合距離計の読みは  $91.2\text{km}$  であり、較正係数は  $0.985$ 、傳播速度  $U_0=295.5m/\mu s$  となる。この線路は小曾根—伊丹 ( $15,712\text{km}$ ) 間で短いケーブルが處々に入つてゐるため、直接波のすぐ右側に強い

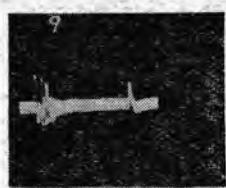


13 図

となり、測定範囲が小さくなる程確度が上る。

障害點まで距離を測定するには直接波の左端が中央規準線に一致する様に距離を調整し、この状態で距離計の読みを零に合せる (14図(a))。次に距離計を更に廻して目標反射波の左端が規準線に一致する處で距離計の目盛を読み取ればよい (14図(b))。 $150\text{km range}$  では最小目盛は  $1\text{km}$ 、 $30\text{km range}$  では同じく  $200\text{m}$  であつてバーニャ目盛でそれぞれその  $1/10$  まで正確に読み取る事ができる。

15 図



小曾根

姫路(90761)

150 Km range

発放

搬送通信/誘導アリ  
以下全ジ

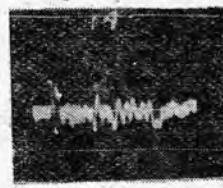
16 図



30 Km range

ケーブル

17 図

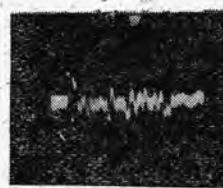


伊丹(15.712)

全

ケーブル 地 気

18 図



伊丹

全 上

ケーブル 混 線

反射が多數出ており、このケーブルによる反射のため、姫路からの反射が弱い。16図は30km rangeに切換え伊丹までの部分を見透したものであつて、測定は一線大地間である。17図は伊丹において地氣したもの、18図は伊丹において断層#3線を混線したものである。架空線の場合完全な断線、地氣、混線等であれば150kmまでには十分な感度で探知できた。たゞし地氣の場合は60c/sの誘導、搬送回線よりの誘導等のため若干反射波形が不明瞭となる場合があるが、100kmの距離において線路のインピーダンス変化が±30%程度あれば充分探知可能であつた。

#### 4.2 市外ケーブル

小曾根變電所近畿支店間(8,400km)24對無装荷クワッドケーブル( $Z_0=200\Omega$ )につき試験を行つた。19図は#23番線で近畿支店にて開放した時の寫真である。距離8,400kmに對し距離計讀取値は11.74kmであつて較正係数は0.715、傳播速度は $2.214.5m/\mu s$ となる。20図

は同様支店にて線短絡したものであつて、兩者共測定は心線間である。21図は支店において線間を $100\Omega$ で短絡した場合、22図は線間 $600\Omega$ で短絡した場合を心線間にて測定したものであつて、前者は負反射、後者は正反射となつてゐる。他の心線においても測定を行つたが途中接続箇所の良否等により、相當線路特性の變化が認められた。23図は#15線の寫真で條件は19図の場合と同様であるが線路の特性は#23線に比し良好である。大體20km程度までの断線、地氣、短絡、混線等は探知可能であり、10km位の距離において線路のインピーダンスが20~30%変化すれば充分探知できた。

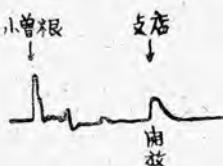
#### 4.3 送電線

送電線においては生きている場合はもち論、送電休止の線路においても同一鐵塔の他回線が生きている時には誘導により、大地に對しては相當の電圧を發生しているからパルスを送出するには適當な結合蓄電器とdrainage coilを必要とするが、24図に示す如く結合蓄電器とし

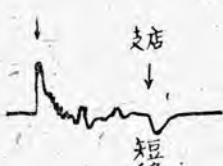
て  $0.5 \mu F$  drainagcoil として  $1H$  のチョークを用い測定を行つた。本試験においては送電休止中の舊立花支線（#2）3相一回線（距離  $6,587km$ ）を折返し單線として用いたが、誘導電圧は最高  $930V$  程度であつた。25図は架線配置を示す。26図は塚口にて接地した場合であつて、實長  $6,581km$  に對し距離計讀取値は  $6.68km$  であり、較正係数は  $0.986$  である。なお第二回目の反射が認められるが、整合器によりこの反射を無くしたものか27図である。

28図は塚口において  $100\Omega$  の抵抗で接地、29図は同じく  $1k\Omega$  の抵抗で接地したものであつて、前者は負反

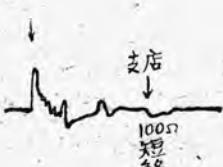
19 図



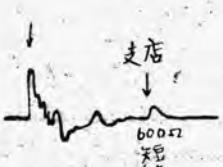
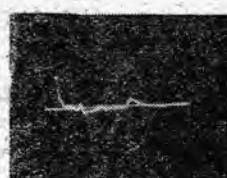
20 図



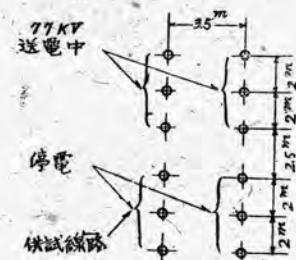
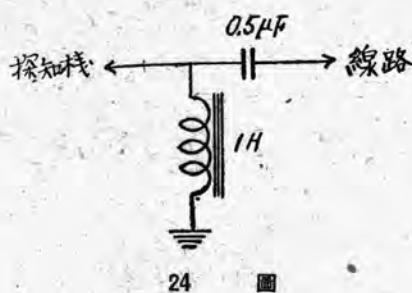
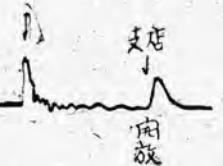
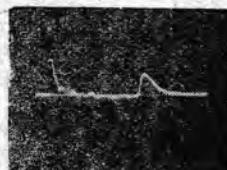
21 図



22 図



23 図



射、後者は正反射を示している。

30図は塚口にて下線と中線とを接続して折返し更に小曾根で中線と上線を接続し塚口にて上線を接地したものであつて、各接続點における反射が明瞭に出ている。

長距離線路に對する試験は適當な線路がないため實施出来なかつたが、架空通信線と同様の探知能力があるものと推定される。

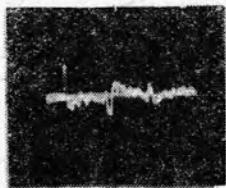
## 5. 結 言

以上FL-1型線路障害探知機の原理、構造、性能、試験結果につき述べたが、今までに試験した線路は架空通信線、市外ケーブル、架空送電線であつてこれ等の線路に對しては各種の障害に對し十分實用し得る確信を得た。また近く機會を得て電力ケーブルに對しても試験を行いたいと考えている。

パルス式障害探知法に關しては反射波の build up の問題等今后研究すべき點も少くないが、この種方式の障害探知機の實用は線路の保守に割期的な成果をもたらすものと信ずる。

擱筆するに當り移相器につき貴重な研究成果を快く御教示頂いた東北大學通信研究所石田教授に深謝すると共に本機開發に當つて種々御教示御援助を賜つた門司鐵道局藤田技官、大阪鐵道局寺井技官ならびに日發近畿支店の關係各位に深甚なる謝意を表する次第である。

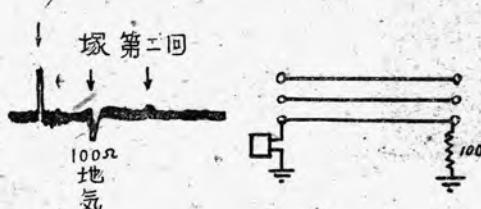
26 圖



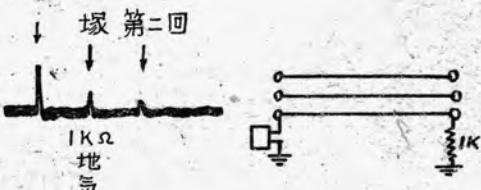
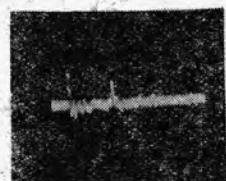
27 圖



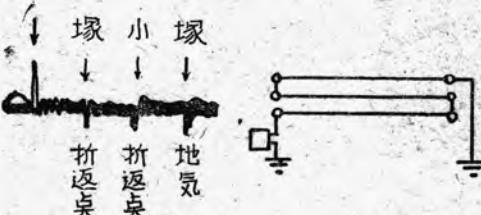
28 圖



29 圖



30 圖



# 電動機操作順序開閉器

昭和23年8月開発に着手した電動機操作順序開閉器は昭和24年3月製作を完成し、小田急電鐵、近畿日鐵兩社に納入、電車に取付け現車試験も完了したので、新製品の紹介、試験結果及び從來の電磁空氣式順序開閉器と比較して性能を検討した結果を報告する。

伊丹製作所 松田新市

## 1. 緒言

電車の自動加速（または自動減速）制御方式で、電空式単位スイッチまたは電磁接觸器の開閉順序を掌る順序開閉器を回転させるのに、從来は電磁弁を使用したいわゆる電磁空氣式を採用していたが、最近電車の高速度化乘心地の改善のために多段式の制御が必要となつたのでこれを小型電動機を使用したいわゆる電動式に改良してその起動、停止を迅速確實にしたものである。

この電動機操作順序開閉器は既に小田急電鐵に10輛分を納入し、近畿日鐵會社（大阪線）に試作品1輛分を納入して、現車試験も好成績を収めた。

こゝに新製品の紹介、試験結果及び從來の電磁空氣式

順序開閉器と比較しての性能について報告する。

## 2. 製品の概略

電動機操作（以下電動式と書く）の外形は1圖に示す通りであつて、操作電動機、歯車箱、ドラム、接觸指、接觸指臺及びこれらを取付けた取付臺から成り、重量は34kgである。

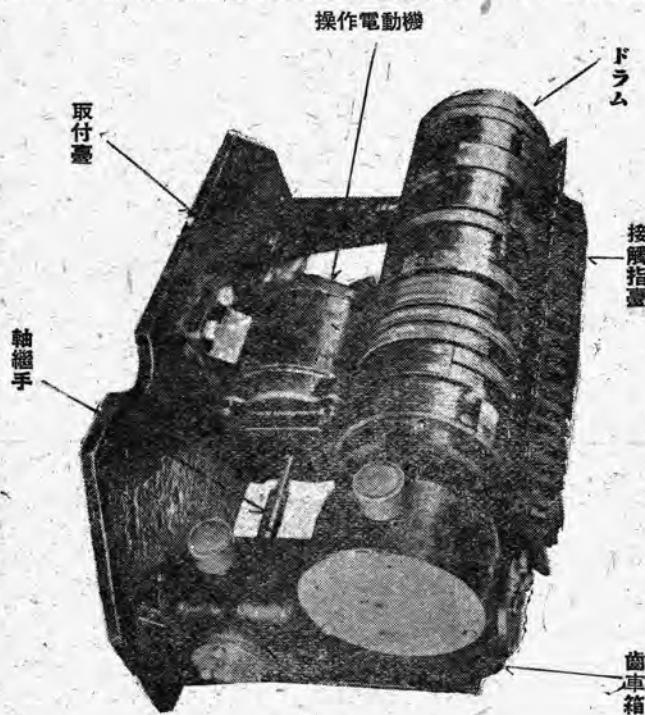
操作電動機は小型の15分の1HP（直流100V, 1A 1700r pm, 分巻, 1/4時間定格）であつて、ウォームギヤ2段で減速し、歯車比は84:1である。歯車箱にはこの2組のウォームギヤを收め、半可焼軸繼手を介して電動機と直結したウォームの一方の軸受にはボールベアリングを使用し、その他の軸受には住友電工製のオイルレ

スペアリングを使用して、軸受摩擦を減ずると共に、給油の手數を省いた。また點検、手入れに便利なように大きい蓋を設けた。上方にはグリスを壓入するグリスキヤップを備えている。

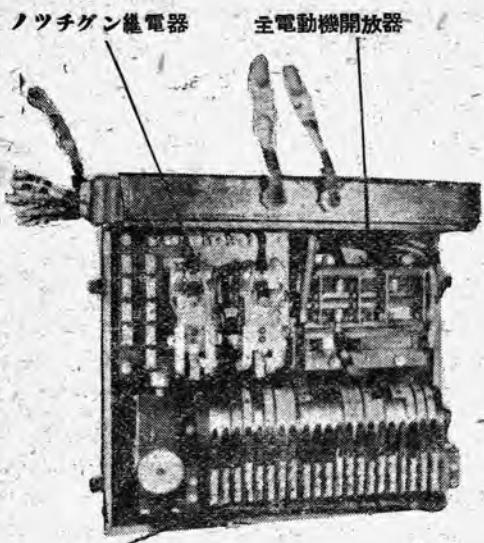
ドラム、接觸指及び接觸指臺は從来の電磁空氣式のものと同様であるが、ノツチが増した關係上ドラム及び接觸指臺は幾分長い。

2圖、3圖はこの順序開閉器を取付けた小田急電鐵向の主制御器箱の兩側を示す。一方には順序開閉器、ノツチング繼電器、主電動機開放器を備え、他方には逆轉器限流繼電器、短絡繼電器を備える。この中の短絡繼電器は操作電動機の電機子電流を開閉するものであつて、その性能は特に重要である。性能については後に述べる。

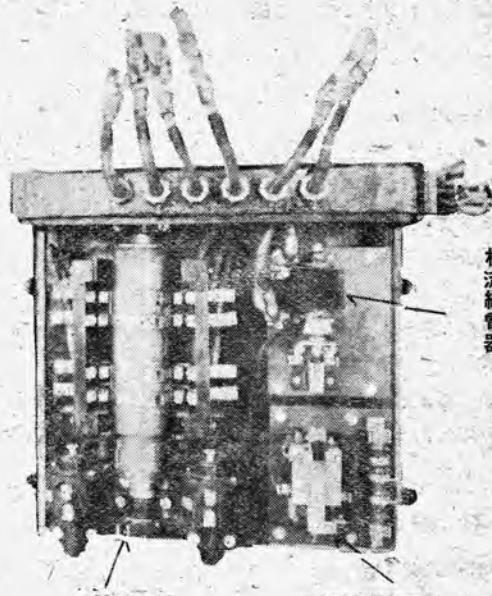
この制御方式の特長としては、



1. 図



2



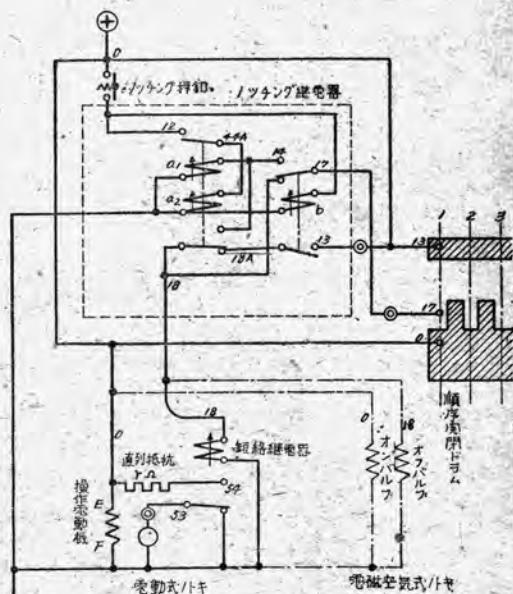
3

1. 主回路の開閉は電空式単位スイッチで行うから、主回路電流開閉の動作は確實安全である。
  2. カム軸接觸器に比し、遙かに小型の順序開閉器ドラムを回轉するだけであるから、操作用電動機は小容量のものでよい。従つて從来の電磁空氣式を電動式に改良しても、電動發電機の容量は十分であつて變更する必要はない。
  3. 接觸指接觸壓力が各ノッチにおいて平均しているので、各ノッチの起動停止が均一である。
  4. 操作電動機が小容量であるために、電機子電流を開閉する短絡繼電器も單單な小型のものでよい。
  5. 所要回轉力が小さいのでドラムの起動、停止が迅速確實である。従つて多段式制御方式に適當である。
  6. 電磁空氣式と同じ場所に收まり、重量は輕減される。
  7. 操作電動機、ドラム等各別々に取外すことが出來て點檢、手入れは殊に便利である。

### 3. 試 驗 方 法

4 図が實驗に使用した裝置のつなぎであつて、順序開閉器の他にノッキング押釦とノッキング繼電器を使用した。電動式ではその主要部分は操作電動機と短絡繼電器であり、電磁空氣式ではオンバルブとオフバルブである。

+と-に直流操作電圧を加え、ノツチング押釦を押せばドラムは回轉し始め、17 接觸指が 17 接觸片を離れ



◎ 印オツシログラフ撮影個所  
4 圖 實驗裝置ツナギ圖

ると操作電動機の電機子は短絡されて電氣制動がかかり電磁空氣式ではオフバルブコイルの電流が切れてドラムは次のノッチで停止する。

このような操作を繰返して次の実験を行つた。すべて

實験は工場試験であつて使用交流電源は 60Hz である。

### 1. オシログラフによる動作時間と電流の測定

オシログラフ撮影箇所は電動機電機子電流、17 回路電流、13 回路電流である。

### 2. 滑り角度の測定

5 図は 17 接触指と接触片を示すものであつて、17 接触片の端から停止位置までの距離を角度で  $x^\circ$  表す。

電動式では操作電圧を変化し、また電動機電機子直列抵抗を變えてドラムの速度を調節した。

電磁空氣式ではノッチ進めでドラムの 1 回轉所要時間を 6 秒に調整し、操作電圧 100V、空氣壓力  $5kg/cm^2$  と  $60V, 3 \cdot 5kg/cm^2$  で実験した。

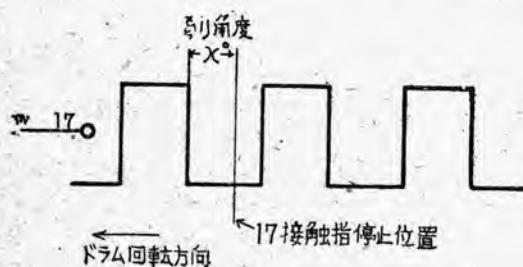
また電動式のときにはノッチを刻まない時、すなわち短絡繼電器コイルを常に励磁して電動機を連續運転した時のドラムの 1 回轉所要時間を測定した。

## 4. 試験結果

### 1. 動作時間と電流測定

#### A. 電動式順序開閉器

4 図のつなぎによつて測定したオシログラムが 6～



5 図 滑り角度

9 図である。6 図は小田急電鐵向、7～9 図は近畿日鐵向試作品であつて何れも 7～8 ノッチの間を測定した。兩者の電動機電機子電流が異なるのはドラムの長さが違うからである。オシログラムには電動機電機子電流、17 回路電流及び 13 回路電流を撮影した。そしてその時の回路條件、すなわち操作電圧  $E_t$  と電機子直列抵抗  $r$  を圖に明記した。

4 図を参照して 6 図各點の意味を説明すれば、ノッチング抑制を押せば A 點で短絡繼電器の勵磁が始まり、B 點で電動機が起動し始め、ドラムが回転して C 點で 17 接触指が 17 接触片に達する。H 部で短絡繼電器の勵磁が 17 回路に切り替わり、D 點でこれが切れる。電機子回路の電源は E 點で完全に絶たれ、F 點で電機子は短絡されて電気制動が始まる。ドラムは G 點において停止する。この一つのノッチの各部の動作時間を表示すれば、1 表のようになる。

#### イ. 電磁空氣式順序開閉器

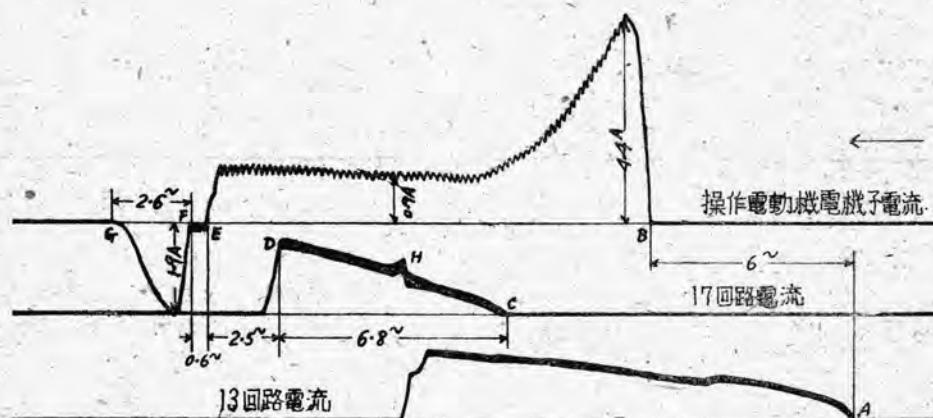
10 図(a)(b)にオシログラムの一例を示す。この順序開閉器は 10 ノッチのものであつて、各ノッチの 13 回路と 17 回路電流を圖示した。オシログラムのファイルム長さに制限されて全ノッチを二つに分けて 10 図(a)を前半、(b)を後半とした。

### 2. 滑り角度測定

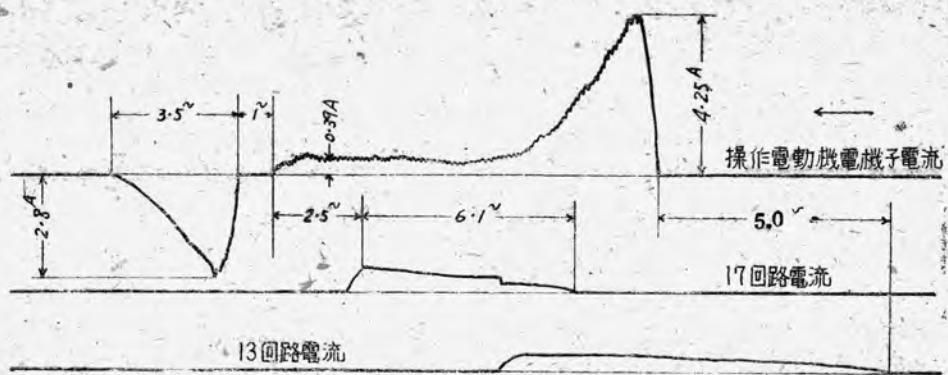
4 図のつなぎによつて各ノッチの滑り角度  $x^\circ$  を實測したのが 2 表である。電磁空氣式はノッチ進めで 6 秒に調整してあり、電動式ではドラム 1 回轉所要時間 4～5.6 秒のものである。電動式の時は短絡繼電器の調整によつて滑り角度をある程度變えることができる。

### 3. 操作電動機温度上昇測定

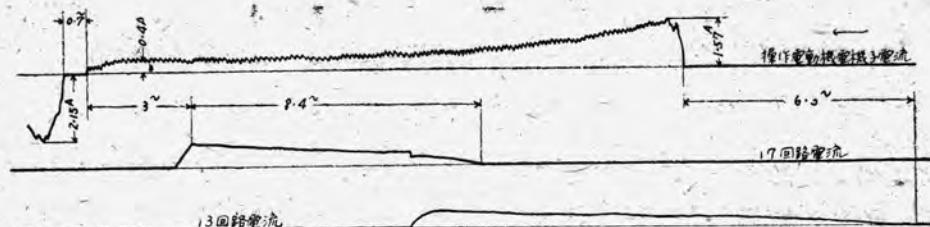
念のため操作電動機線輪の温度上昇を抵抗法によつて測定した結果、電機子線輪は 2A、50 分通電した温度上昇



6 図 小田急電鐵向  $E_t = 100V, r = 0.2$



7 圖 近畿日鐵向  $E_t = 97V, r = 0.2$



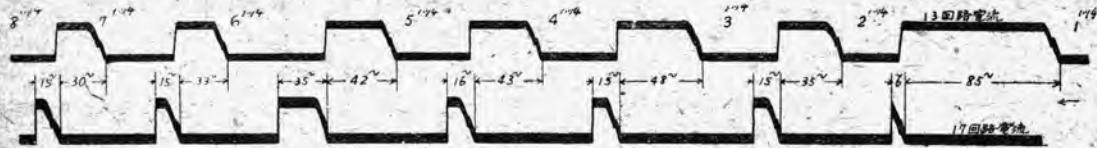
8 圖 近畿日鐵向  $E_t = 97V, r = 49$



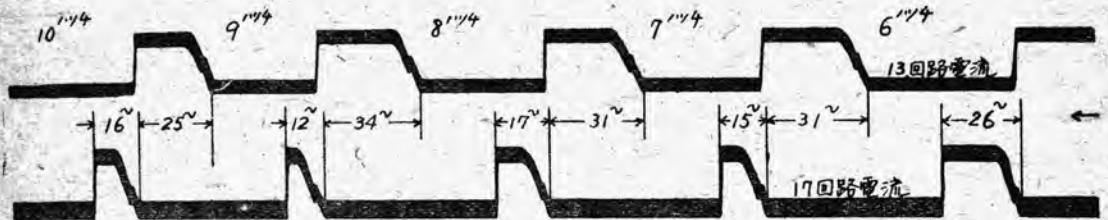
9 圖 近畿日鐵向  $E_t = 100V, r = 98\Omega$

1 表 ノツチ刻み動作時間

| 納入先                                       | 小田急電鐵向 | 近畿日鐵向 |       |
|---|--------|-------|-------|
| 操作電圧 V                                    | 100    | 97    | 97    |
| 操作電動機電機子直列抵抗 $\Omega$                     | 0      | 10    | 49    |
| ドラム1回轉所要時間 sec                            |        | 2.82  | 3.52  |
| AB 短絡繼電器の死時間 $\infty$                     | 6      | 5.8   | 6.3   |
| CD 17°接觸片通過時間 $\infty$                    | 6.8    | 6.1   | 8.4   |
| DE 短絡繼電器の死時間 $\infty$<br>と電弧繼續時間 $\infty$ | 2.5    | 2.5   | 3     |
| EF 接點の移動時間 $\infty$                       | 0.6    | 1     | 0.7   |
| FG 制動時間 $\infty$                          | 2.6    | 3.5   | (3.1) |



10 圖 (a) 電磁空氣式  $100V, 5kg/cm^2$



10 圖 (b) 同 上

$26^\circ C$  (室温  $10^\circ C$ ) , 界磁線輪は  $90V$ , 1時間40分通電して温度上昇  $33^\circ C$  (室温  $11^\circ C$ ) であった。

## 5. 電動式と電磁空氣式との性能比較

### 1. 17 接觸片通過速度

オシログラムから各ノッチ間の通過速度を

$$(17 \text{ 接觸片の角度}) \div (17 \text{ 接觸片通過時間} \sim)$$

で算出したのが3表である。同表では回路条件として電動式では操作電圧、電機子直列抵抗  $\Omega$ 、ドラム1回轉所要時間 sec を示し、電磁空氣式では操作電圧、空氣壓力  $kg/cm^2$  を示した。

3表を圖示すれば11圖のようになる。これによれば電磁空氣式は氣筒内のピストンの位置によつてその速度に相當の差違があり、特に  $1 \rightarrow 2$  ノッチの速度が速い。これに反し電動式ではほぼ一定している。3表の1回轉所要時間は電動式では3.52秒、電磁空氣式では6秒で

あるので各ノッチの速度自體は比較できないので7~9圖から各々の17接觸片通過速度を算出すれば 2.82, 3.52, 4.6秒のドラム1回轉所要時間に對する通過速度がそれぞれ 2.05, 1.49, 1.11 度/ $\sim$ となる。これを11圖に求めて1回轉6秒の點を想像すれば大體電磁空氣式と同じ速度となる。

從つて17接觸片の通過速度に關しては各ノッチにおいて電磁空氣式は均一でないことが電動式に劣つている

### 1. 起動時間

短絡繼電器またはオーバルコイルに電流が流れ始めてからドラムが回轉して17接觸指が17接觸片に達するまでの時間を起動時間とし  $\sim$  で表わす。この時間は各ノッチにおける接觸指の停止位置と次の接觸片との距離によつて幾分異なるがこれは無視する。

電動式の時、短絡繼電器を励磁してから電機子電流が流れ始めるまでを  $\sim$  とし、その後17回路電流が流れ

2表 滑り角度

| 形 式            | 納 入 先  | 操作電圧<br>V | 電機子直列抵抗<br>$\Omega$ | ドラム1回轉所要時間<br>sec | 滑り角度 (度) |          |          |          |          |          |          |              |               |               |               |              |
|----------------|--------|-----------|---------------------|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
|                |        |           |                     |                   | 2<br>ノッチ | 3<br>ノッチ | 4<br>ノッチ | 5<br>ノッチ | 6<br>ノッチ | 7<br>ノッチ | 8<br>ノッチ | 9<br>ノ notch | 10<br>ノ notch | 11<br>ノ notch | 12<br>ノ notch | 1<br>ノ notch |
| 電動式            | 小田急電鐵向 | 100       | 25                  | 4                 | 4.7      | 4.9      | 4.7      | 4.7      | 4.7      | 4.7      | 4.7      | 5.1          | 4.7           | 4.7           | 5.1           | 3.95         |
|                |        | 80        | 25                  | 5.6               | 2.8      | 2.8      | 2.8      | 2.8      | 2.9      | 2.9      | 2.9      | 2.9          | 2.9           | 2.9           | 2.9           | 2.0          |
|                | 近畿日鐵向  | 97        | 98                  | 4.6               | 7.5      | 7.5      | 7        | 7        | 7        | 7        | 7.5      | 7.5          | 7.5           | 7.5           | 7.5           | 3            |
| 電磁空氣式<br>10ノッチ |        | 100       | 空氣壓力<br>$5kg/cm^2$  |                   | 15       | 9        | 19       | 9        | 11       | 9        | 8        | 8            | 8             | 4             |               |              |

あるまでを  $t_2 \infty$  とすれば

$$t = t_1 + t_2$$

である。

オッショグラムから各ノッチ間の起動時間を表にしたのが4表である。これを図示すれば 12 圖のようになる。これによれば電動式に比べて電磁空氣式は各ノッチの起動時間が不揃いであつて、ノッチが進むに従つて段々早

從つて電磁空氣式の起動時間は電動式に比べて、各ノッチで不揃いであり、起動が遅いことになる。

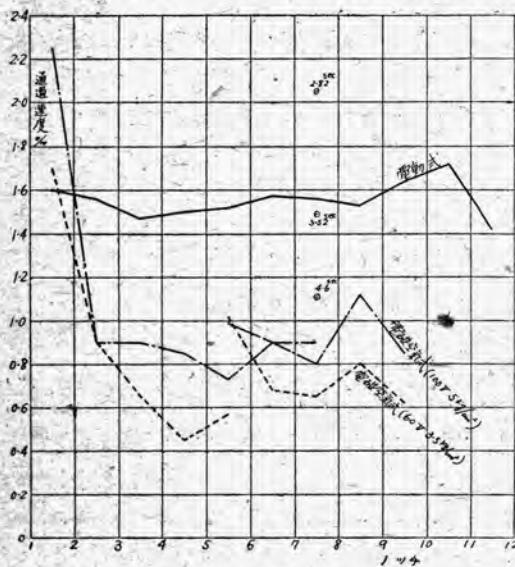
### 3. 滑り角度

2 表によつて判るように電磁空氣式は滑り角度が不揃いであつて、大きい。滑り角度は小さい程ノッチ飛びの恐れがなく、均一であるほどその機會は少い、また滑り角度はドラムの回転速度が速くなれば大きくなる。2 表に

3 表 17 接觸片通過速度

| 形 式            | 回路條件                         | 17 接觸片通過速度   |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |  | 備 考 |
|----------------|------------------------------|--|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|--|-----|
|                |                              | 1 → 2 → 3 → 4 → 5 → 6 → 7 → 8 → 9 → 10 → 11 → 12 ノッチ |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |  |     |
| 電動式<br>(近畿日鐵向) | 100V<br>49Ω<br>3.52sec       | 1.6  | 1.56 | 1.47 | 1.5  | 1.52 | 1.575 | 1.56 | 1.53 | 1.64 | 1.72 | 1.42 |  |     |
| 磁空氣式           | 100V<br>$5 \text{ kg/cm}^2$  | 2.25   | 0.9  | 0.9  | 0.85 | 0.73 | 0.9   | 0.9  |      |      |      |      |  | 前半  |
|                | 60V<br>$3.5 \text{ kg/cm}^2$ | 1.7  | 0.9  | 0.65 | 0.45 | 0.57 | 1.02  | 0.68 | 0.65 | 0.8  | 0.62 |      |  | 後半  |
|                |                              |  |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |  | 前半  |
|                |                              |  |      |      |      |      |       |      |      |      |      |      |  | 後半  |

### ◎ ドラム 1 回轉時間の各に對する通過速度



11 圖 17 接觸片通過速度

くなつている。12圖の電動式の1回轉所要時間は短いものであるから 7~9 圖から各々の起動時間を求めるとき、2.82, 3.52, 4.6 秒の1回轉所要時間に對する起動時間はそれぞれ 8.0, 12.1, 16.9 ~ となる。これを 12 圖に求めて1回轉 6 秒の點を推定すれば約 25 ~ 位となり電磁空氣式よりも短い。

おいて回転速度は電磁空氣式の方が遅いのに滑り角度が大きいと云うことは益々不利なことである。逆にこの點で電動式は電氣制動を使用した長所を表わしている。

以上に起動、回転、停止の三動作を比較したが何れも電動式が電磁空氣式に優ると云う結論となつた。この他ノッチ戻しの時には電磁空氣式は逆轉させなければならぬが、電動式は同方向回転ができる、必要あれば逆轉もできる。また構造、保修等種々比較されるが省略する。

### 6. 新製品の性能

上に述べた圖と表とが新製品の性能を物語ついている。こゝでは部品別にその長所、短所、を感じたまゝ述べることにする。

#### 1. 電空式単位スイッチとの組合せ

この順序開閉器は電空式単位スイッチの電磁線輪回路を操作するものであつて、迅速確実な電動式操作と、確實安全な単位スイッチの主回路開閉動作との長所を合せて生かしている。短所としては単位スイッチの動作と限流繼電器の動作とが 17 接觸片通過中に完了されねばならないのでこの間 8~10 ~ の時間が必要であつて、これ以上に回転速度を増しえないことである。しかしながら、電車の加速時間に比べたらドラムの回転時間は短かい時間であるから實際問題としては支障はない。

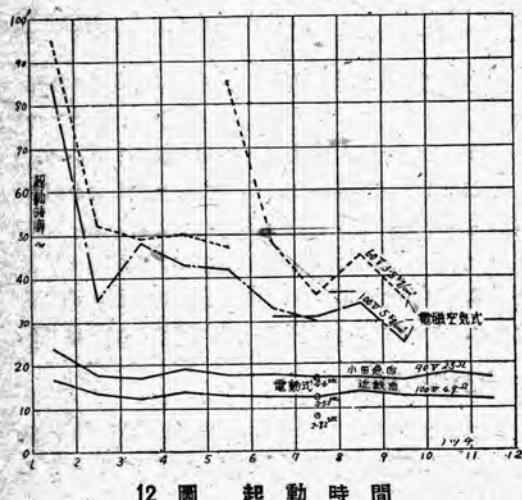
#### 2. 操作用電動機

カム軸接觸器に比べ小容量の電動機を使用しているので起動時、制動時の衝撃電流が小さく、また起動、停止

4 表 起動時間

| 形 式             | 回路條件                | 起 動 時 間 ≈  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------|---------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                 |                     | 1 → 2 → 3 → 4 → 5 → 6 → 7 → 8 → 9 → 10 → 11 → 12 ノッチ |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 電動式<br>(小田急電鐵向) | 90V<br>25Ω          | $t_1$  | 8.0  | 7.2  | 6.0  | 7.0  | 7.5  | 7.7  | 7.0  | 7.0  | 7.2  | 7.0  | 7.5  |
|                 |                     | $t_2$  | 14.0 | 10.5 | 11.0 | 12.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 9.0  | 11.0 | 9.5  |
|                 |                     | $t$  | 22.0 | 17.7 | 17.0 | 19.0 | 17.5 | 17.7 | 17.0 | 17.0 | 16.2 | 18.0 | 17.0 |
| 電動式<br>(近畿日鐵向)  | 100V<br>49Ω         | $t_1$  | 6.0  | 6.9  | 5.8  | 6.7  | 6.0  | 5.8  | 5.8  | 6.2  | 6.0  | 5.4  | 5.8  |
|                 |                     | $t_2$  | 10.8 | 6.5  | 6.4  | 7.0  | 6.9  | 6.8  | 6.4  | 7.7  | 6.7  | 6.8  | 6.1  |
|                 |                     | $t$  | 16.8 | 13.4 | 12.2 | 13.7 | 12.9 | 12.6 | 12.2 | 13.9 | 12.7 | 12.2 | 11.9 |
| 電磁空氣式           | 100V<br>$5kg/cm^2$  | $t$  | 85   | 35   | 48   | 43   | 42   | 33   | 30   |      |      | (前半) |      |
|                 |                     |  |      |      |      |      |      | 31   | 31   | 34   | 25   | (後半) |      |
|                 | 60V<br>$3.5kg/cm^2$ | $t$  | 95   | 52   | 49   | 50   | 47   |      |      |      |      | (前半) |      |
|                 |                     |  |      |      |      |      | 85   | 48   | 36   | 45   | 35   | (後半) |      |

## ◎ ドラム 1 回転時間の各々に對する起動時間



12 圖 起動時間

が迅速であることが特長である。負荷に對して充分餘裕のある電動機であるのでその溫度上昇も殆んど問題にならないことは試験結果 3 を見れば判るであろう。電動式の缺點としては操作電圧の變動によつて回轉速度が變ることであつて、必要に應じその對策が講じられる。

## 3. 短絡繼電器

電動機が小容量であるので、これを開閉する短絡繼電器も小型であつて動作が迅速であることが特長である。この短絡繼電器の速さはノッチの滑りに影響するので、できるだけ動作の速い繼電器が必要である。短絡繼電器の引きつける速度はドラムの起動だけであつて危険性はないが、その引き離しの速度は滑りに直接關係し、その時間はできるだけ短くしなければならない。今後の研究によつて 2.5~3 ≈ の時間を更に短縮すべきである。

## 7. 結論

從來の電磁空氣式を電動式に改良することは以上のように一應の成果をおさめたと共に、多段式制御方式に移行しつゝある現状に對する準備態勢が整つたのである。使用機器については種々検討すべき問題が残つているが開発から製作に移つて昭和 24 年 3 月、小田急電鐵會社、近畿日鐵會社の現車試験が終了したので茲に報告した。

終りに當つて本器の製作ならびに實驗に終始御支援を賜つた小田急電鐵會社、近畿日鐵會社の關係者各位に厚く御禮申上げる次第である。



## Heaviside 演算子法に対する新しい考察と その電気回路解析における應用 (XVIII)

# 研究所 菅 野 正 雄

第 VII 章

## 變壓器卷線上の進行波

二巻線變壓器の一次巻線に進行波が到來した時、同巻線上の過渡現象の主要特性は、二次巻線を無視した場合と餘り變りないことが知られている。それ故、一次巻線中の現象を取扱う際には回路定數を適當にすれば、變壓器を單一の獨立巻線として取扱える。しこうしてかゝる單一巻線は簡単には第 16 圖に示す如き等價回路にて表わされる。たゞし、巻線の長さを 1、中性點より測つて巻線上の一點を  $x$  とする。また、回路定數は巻線の単位長につき次の如くなつているものとする。

$C$  : 大地に對する分路容量,

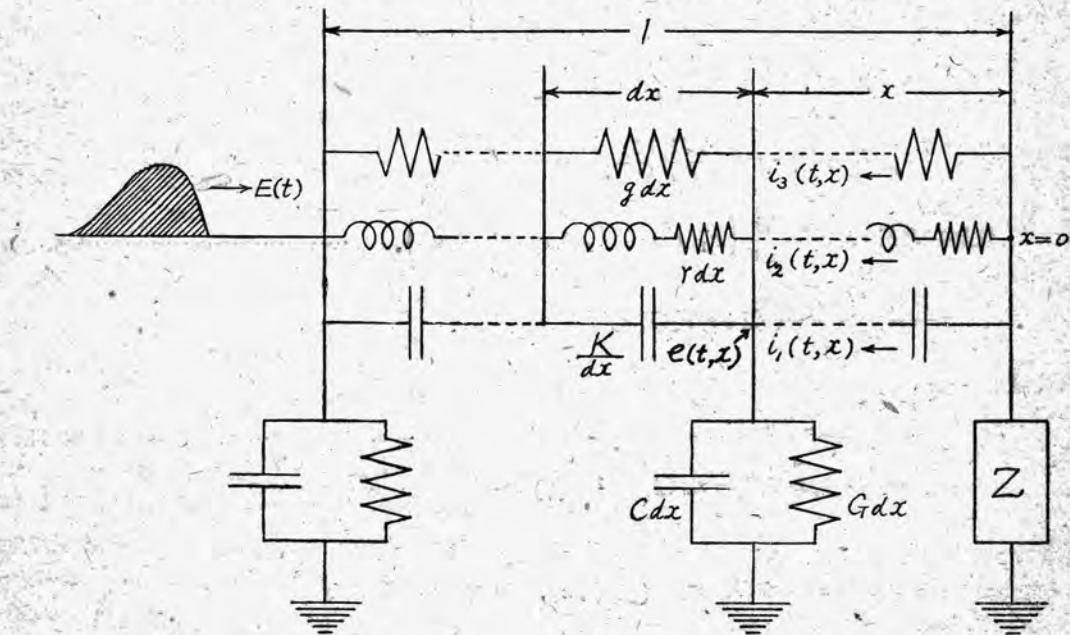
$K$ : 卷線に沿う直列容量,

*G* : 大地に対する分路コンダクタンス,

*g*: 卷線に沿う分路コンダクタンス,

$r$  : 直列抵抗,

$\hat{M}(x, y)$  :  $x$  及び  $y$  における微小部分間の相互誘導.



第 16 )

今、 $t < 0$ において受動状態にあるこの回路に、 $t = 0$ なる瞬間、線路より進行波が到來したとすれば、次の微分一積分方程式ならびに境界條件が得られる。

微分一積分方程式 :  $t > 0$ ,  $0 < x < 1$  において

$$\frac{\partial e(t, x)}{\partial x} = ri_2(t, x) + \frac{\partial}{\partial t} \int_0^1 M(x, y) i_2(t, y) dy; \quad \dots \quad (\text{VII. } 4)$$

境界条件 :  $t \geq +0$  において

$$e(t, 0) = Z(D) \{i_1(t, 0) + i_2(t, 0) + i_3(t, 0)\}, \quad \dots \quad (\text{VII. } 5)$$

$$e(t, 1) = E(t). \quad \dots \quad (\text{VII. } 6)$$

以下、二、三の特別の場合を考える。

(1). 卷回間相互誘導を考慮せず、かつ中性點直接接地の場合

この場合、(VII. 4) 式は

$$\frac{\partial e(t, x)}{\partial x} = \left( L \frac{\partial}{\partial t} + r \right) i_2(t, x) \quad \dots \quad (\text{VII. } 4')$$

となり、(VII. 5) 式は

$$e(t, 0) = 0 \quad \dots \quad (\text{VII. } 5')$$

となる。茲に  $L$  は巻線の単位長當りの自己誘導係數である。(VII. 1), (VII. 2), (VII. 3), (VII. 4'), (VII. 5') 及び (VII. 6) の諸式に  $D - \lambda$  變換を施せば次の諸關係が得られる。

微分方程式 :  $0 < x < 1$  において

$$F_1(\lambda, x) = K\lambda \frac{\partial F_e(\lambda, x)}{\partial x}, \quad \dots \quad (\text{VII. } 7)$$

$$F_3(\lambda, x) = g \frac{\partial F_e(\lambda, x)}{\partial x}, \quad \dots \quad (\text{VII. } 8)$$

$$(C\lambda + G) F_e(\lambda, x) = \frac{\partial}{\partial x} \{ F_1(\lambda, x) + F_2(\lambda, x) + F_3(\lambda, x) \}, \quad \dots \quad (\text{VII. } 9)$$

$$\frac{\partial F_e(\lambda, x)}{\partial x} = (L\lambda + r) F_2(\lambda, x); \quad \dots \quad (\text{VII. } 10)$$

境界条件 :

$$F_e(\lambda, 0) = 0, \quad \dots \quad (\text{VII. } 11)$$

$$F_e(\lambda, 1) \equiv \emptyset(\lambda) = L_e(\lambda, t)^{-1} \mathbf{1} \begin{pmatrix} t \\ 0 \end{pmatrix} E(t). \quad \dots \quad (\text{VII. } 12)$$

茲に、

$$F_e(\lambda, x) = \sigma_e(\lambda, t)^{-1} \mathbf{1} \begin{pmatrix} t \\ 0 \end{pmatrix} e(t, x),$$

$$F_k(\lambda, x) = \sigma_e(\lambda, t)^{-1} \mathbf{1} \begin{pmatrix} t \\ 0 \end{pmatrix} i_k(t, x),$$

$$(k=1, 2, 3)$$

である。これ等より

$$\left\{ \frac{\partial^2}{\partial x^2} - \gamma(\lambda)^2 \right\} F_e(\lambda, x) = 0, \quad (0 < x < 1) \quad \dots \quad (\text{VII. } 13)$$

が導かれる。たゞし

$$r(\lambda) = \sqrt{\frac{CL\lambda^2 + (rC + GL)\lambda + rG}{KL\lambda^2 + (rK + gL)\lambda + (1 + gr)}}.$$

(VII. 13) 式を境界条件を考慮して解けば

$$F_e(\lambda, x) = \frac{\sinh \gamma(\lambda)x}{\sinh \gamma(\lambda)} \Phi(\lambda), \quad (0 < x < 1) \quad \dots \dots \dots \quad (\text{VII. } 14)$$

となる。しかるに

$$\begin{aligned}
 & \frac{\sinh \gamma(p)x}{\sinh \gamma(p)} \cdot 1 \equiv 2 \sum_{n=1}^{\infty} (-)^{n-1} \frac{n\pi \sin n\pi x}{\gamma(p)^2 + n^2\pi^2} \cdot 1 \\
 & \equiv 2 \sum_{n=1}^{\infty} (-)^{n-1} \frac{KLp^2 + (rK+GL)p + (1+gr)}{KL(\alpha^2 + n^2\pi^2) \{(p+\delta_n)^2 + \omega_n^2\}} n\pi \sin n\pi x \\
 & \equiv \frac{\sinh \beta x}{\sinh \beta} + 2(\alpha^2 - \beta^2) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-)^n n\pi \sin n\pi x}{(\alpha^2 + n^2\pi^2)(\beta^2 + n^2\pi^2)} e^{-\delta_n t} \cdot \\
 & \quad \cdot (\cos \omega_n t + q_n \sin \omega_n t), \quad \begin{pmatrix} t \geq 0, \\ 0 < x < 1 \end{pmatrix}
 \end{aligned}$$

であるから、巻線上の電位分布  $e(t, x)$  は

$$e(t, x) = \frac{\sinh \beta x}{\sinh \beta} E(t) + 2(\alpha^2 - \beta^2) \frac{d}{dt} \left\{ \int_{+0}^t E(t-\tau) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-)^n n \pi \sin n \pi x}{(\alpha^2 + n^2 \pi^2)(\beta^2 + n^2 \pi^2)} e^{-\delta_n \tau} \right. \\ \left. \cdot (\cos \omega_n \tau + q_n \sin \omega_n \tau) d\tau \right\}, \quad \begin{pmatrix} t \geq +0, \\ 0 < x < 1 \end{pmatrix} \dots \text{(VII. 15)}$$

となる。茲に

$$\alpha = \sqrt{\frac{C}{K}}, \quad \beta = \sqrt{\frac{rG}{1+gr}}, \quad \delta_n = \frac{i}{2} \left\{ \frac{r}{L} + \frac{G + gn^2\pi^2}{K(\alpha^2 + n^2\pi^2)} \right\},$$

$$w_n q_n = \delta_n + \frac{(G - \alpha^2 g)(\beta^2 + n^2\pi^2)}{K(\alpha^2 - \beta^2)(\alpha^2 + n^2\pi^2)}, \quad \delta_n^2 + \alpha_n^2 = \frac{1+gr}{KL} \cdot \frac{\beta^2 + n^2\pi^2}{\alpha^2 + n^2\pi^2},$$

従つて

$$\omega_n = \frac{n^2 \pi^2}{KL(\alpha^2 + n^2 \pi^2)} - \frac{\{(rK - gL)n^2 \pi^2 - (rC - GL)\}^2}{4K^2 L^2 (\alpha^2 + n^2 \pi^2)^2}$$

である。

特に、回路の損失を無視することが出来るならば、

$$\beta = 0, \quad \delta_n = 0, \quad q_n = 0, \quad \omega_n = \frac{n\pi}{\sqrt{KL(\alpha^2 + n^2\pi^2)}}$$

となるから、

$$e(t, x) = xE(t) + 2 \frac{d}{dt} \left\{ \int_0^t E(t-\tau) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-)^n \alpha^n \sin n \pi x}{n \pi (\alpha^2 + n^2 \pi^2)} \cos \frac{n \pi \tau}{\sqrt{KL(\alpha^2 + n^2 \pi^2)}} d\tau \right\},$$

$$\left( \begin{array}{l} t \geq +0, \\ 0 < x < 1 \end{array} \right) \quad \dots \dots \dots \quad (\text{VII. } 16)$$

の如くなる。

なお、この場合、直列静電容量  $K$  の充電電流  $i_1(t, x)$  を算出してみる。

先ず (VII. 7) 式及び (VII. 14) 式より

$$F_1(\lambda, x) = K\lambda\gamma(\lambda) \frac{\cosh \gamma(\lambda)x}{\sinh \gamma(\lambda)} \Phi(\lambda), \quad (0 < x < 1) \quad \dots \dots \dots \quad (\text{VII. } 17)$$

が得られるから、

$$\begin{aligned} 1\left(\begin{array}{l} t \\ 0 \end{array}\right) i_1(t, x) &= K\sigma_c(t, \lambda)\lambda\gamma(\lambda) \frac{\cosh \gamma(\lambda)x}{\sinh \gamma(\lambda)} \Phi(\lambda) \\ &= KD\Phi(D)\sigma_c(t, \lambda)\gamma(\lambda) \frac{\cosh \gamma(\lambda)x}{\sinh \gamma(\lambda)}, \quad (0 < x < 1) \quad \dots \dots \dots \quad (\text{VII. } 18) \end{aligned}$$

となる。しかるに

$$\begin{aligned} \gamma(p) \frac{\cosh \gamma(p)x}{\sinh \gamma(p)} \cdot 1 &\equiv 1 + 2\gamma(p)^2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-)^n \cos n\pi x}{\gamma(p)^2 + n^2\pi^2} \cdot 1 \\ &\equiv 1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} (-)^n \frac{CLp^2 + (rC + GL)p + rG}{KL(\alpha^2 + n^2\pi^2)\{(p + \delta_n)^2 + \omega_n^2\}} \cos n\pi x \\ &\equiv \beta \frac{\cosh \beta x}{\sinh \beta} + 2(\alpha^2 - \beta^2) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-)^n n^2\pi^2 \cos n\pi x}{(\alpha^2 + n^2\pi^2)(\beta^2 + n^2\pi^2)} e^{-\delta_n t} \cdot \\ &\quad \cdot (\cos \omega_n t + q_n \sin \omega_n t), \quad \left( \begin{array}{l} t \geq +0, \\ 0 < x < 1 \end{array} \right) \quad \dots \dots \dots \quad (\text{VII. } 19) \end{aligned}$$

であるから、(VII. 18) 式の後半の  $\sigma_c(t, \lambda)$  は  $L_c(t, \lambda)$  と書いて差支えないこととなる。従つて

$$\begin{aligned} 1\left(\begin{array}{l} t \\ 0 \end{array}\right) i_1(t, x) &= KD\Phi(D) 1\left(\begin{array}{l} t \\ 0 \end{array}\right) \left\{ \beta \frac{\cosh \beta x}{\sinh \beta} \right. \\ &\quad \left. + 2(\alpha^2 - \beta^2) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-)^n n^2\pi^2 \cos n\pi x}{(\alpha^2 + n^2\pi^2)(\beta^2 + n^2\pi^2)} e^{-\delta_n t} (\cos \omega_n t + q_n \sin \omega_n t) \right\} \\ &= 1\left(\begin{array}{l} t \\ 0 \end{array}\right) Kp \left\{ \beta \frac{\cosh \beta x}{\sinh \beta} E(t) + 2(\alpha^2 - \beta^2) \frac{d}{dt} \left( \int_{+0}^t E(t-\tau) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-)^n n^2\pi^2 \cos n\pi x}{(\alpha^2 + n^2\pi^2)(\beta^2 + n^2\pi^2)} e^{-\delta_n \tau} \right. \right. \\ &\quad \left. \left. \cdot (\cos \omega_n \tau + q_n \sin \omega_n \tau) d\tau \right) \right\}, \quad (0 < x < 1) \end{aligned}$$

となるが、こゝにおいて

$$p \cdot \equiv \frac{\partial}{\partial t} \cdot + pC(+, 0) \cdot, \quad (t \geq +0) \quad \dots \dots \dots \quad (\text{VII. } 20)$$

なる関係を利用して計算を実行すれば

$$\begin{aligned}
 i_1(t, x) = & \sqrt{CK} E(+0) \frac{\cosh \alpha x}{\sinh \alpha} p \cdot 1 + K\beta \frac{\cosh \beta x}{\sinh \beta} E'(t) \\
 & + 2E(+0) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-)^n n^2 \pi^2 \cos n\pi x}{\omega_n L (\alpha^2 + n^2 \pi^2)^2} e^{-\delta_n t} \cdot \\
 & \left\{ \omega_n L (G - \alpha^2 g) \cos \omega_n t - \left( \alpha^2 - (r - \delta_n L) (G - \alpha^2 g) \right) \sin \omega_n t \right\} \\
 & + 2(C - \beta^2 K) \frac{d}{dt} \left( \int_{+0}^t E'(\tau - \tau) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-)^n n^2 \pi^2 \cos n\pi x}{(\alpha^2 + n^2 \pi^2)(\beta^2 + n^2 \pi^2)} e^{-\delta_n \tau} \right. \\
 & \left. \cdot (\cos \omega_n \tau + q_n \sin \omega_n \tau) d\tau \right), \quad \begin{cases} t \geq +0, \\ 0 < x < 1 \end{cases} \cdots \cdots \cdots \text{(VII. 21)}
 \end{aligned}$$

が得られる。この計算結果から判る様に、もし  $E(+0) = 0$  でないならば、 $i_1(t, x)$  は

$$\sqrt{CK} E(+0) \frac{\cosh \alpha x}{\sinh \alpha} p \cdot 1$$

なる衝撃電流を含むのである。

従来の演算子法における計算では、この様な衝撃値を解析的に算出しているのが無い様であるが、それは (VII. 20) 式の関係が知られていなかつた爲であろう。

(2). 卷回間相互誘導を考慮せず、かつ中性點絶縁の場合

この場合には

$$F_c(\lambda, x) = \frac{\cosh \gamma(\lambda) x}{\cosh \gamma(\lambda)} \Phi(\lambda), \quad (0 < x < 1) \cdots \cdots \cdots \text{(VII. 22)}$$

なる故、中性點接地の場合と同様にして

$$\begin{aligned}
 \frac{\cosh \gamma(p)x}{\cosh \gamma(p)} \cdot 1 = & 2 \sum_{n=1}^{\infty} (-)^n \frac{m\pi \cos m\pi x}{\gamma(p)^2 + m^2 \pi^2} \cdot 1 \\
 = & \frac{\cosh \beta x}{\cosh \beta} + 2(\alpha^2 - \beta^2) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-)^{n-1} m\pi \cos m\pi x}{(\alpha^2 + m^2 \pi^2)(\beta^2 + m^2 \pi^2)} e^{-\delta_m t} \cdot \\
 & \cdot (\cos \omega_m t + q_m \sin \omega_m t), \quad \begin{cases} t \geq +0, \\ 0 < x < 1 \end{cases} \cdots \cdots \cdots \text{(VII. 23)}
 \end{aligned}$$

となるから、卷線上の電位分布  $e(t, x)$  は

$$\begin{aligned}
 e(t, x) = & \frac{\cosh \beta x}{\cosh \beta} E(t) + 2(\alpha^2 - \beta^2) \frac{d}{dt} \left( \int_{+0}^t E(\tau - \tau) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-)^{n-1} m\pi \cos m\pi x}{(\alpha^2 + m^2 \pi^2)(\beta^2 + m^2 \pi^2)} e^{-\delta_m \tau} \right. \\
 & \left. \cdot (\cos \omega_m \tau + q_m \sin \omega_m \tau) d\tau \right), \quad \begin{cases} t \geq +0, \\ 0 < x < 1 \end{cases} \cdots \cdots \cdots \text{(VII. 24)}
 \end{aligned}$$

となる。ただし、 $\delta_m$  及び  $q_m$  は前例における  $\delta_n$  及び  $q_n$  の指標  $n$  を  $m (= n + \frac{1}{2})$  に代えたものを表わす。

もし、回路の損失を無視出来る場合には

$$e(t, x) = E(t) + 2 \frac{d}{dt} \left( \int_{+0}^t E(t-\tau) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-)^{n-1} \alpha^n \cos m\pi x}{m\pi(\alpha^2 + m^2\pi^2)} \cos \frac{m\pi\tau}{\sqrt{KL(\alpha^2 + m^2\pi^2)}} d\tau \right),$$

$$\left( \begin{array}{l} t \geq +0, \\ 0 < x < 1 \end{array} \right) \quad (\text{VII. } 25)$$

となる。

更に直列静電容量  $K$  の充電電流  $i_1(t, x)$  は前例と全く同様にして

$$i_1(t, x) = \sqrt{CK} E(+0) \frac{\sinh \alpha x}{\cosh \alpha} p \cdot 1 + K\beta \frac{\sinh \beta x}{\cosh \beta} E'(t)$$

$$+ 2E(+0) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-)^n m^2 \pi^2 \sin m\pi x}{\omega_m L(\alpha^2 + m^2\pi^2)^2} e^{-\delta_m t} \cdot$$

$$\cdot \left\{ \omega_m L (G - \alpha^2 g) \cos \omega_m t - \left( \alpha^2 - (r - \delta_m L)(G - \alpha^2 g) \right) \sin \omega_m t \right\}$$

$$+ 2(C - \beta^2 K) \frac{d}{dt} \left( \int_{+0}^t E'(t-\tau) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-)^n m^2 \pi^2 \sin m\pi x}{(\alpha^2 + m^2\pi^2)(\beta^2 + m^2\pi^2)} e^{-\delta_m \tau} \cdot \right.$$

$$\left. \cdot (\cos \omega_m \tau + q_m \sin \omega_m \tau) d\tau \right), \quad \left( \begin{array}{l} t \geq +0, \\ 0 < x < 1 \end{array} \right) \quad (\text{VII. } 26)$$

の如くに得られる。これより  $E(+0) \neq 0$  ならば  $x=0$  以外の點においては、 $i_1(t, x)$  衝撃電流

$$\sqrt{CK} E(+0) \frac{\sinh \alpha x}{\cosh \alpha} p \cdot 1$$

を含むことがわかる。

(3). 卷回間相互誘導を考慮し、かつ中性点直接接地の場合（たゞし、簡単の爲に  $E(t) = E$ （一定）とする）この場合、(VII. 4) 式中の  $M(x, y)$  として便宜上、これを Bewley が二巻線変圧器について算出した形の二次側を省略したものとすると<sup>(5)</sup>

$$M(x, y) = \begin{cases} \frac{L}{2\xi+1} (\xi+1-x)(\xi+y), & (0 < y \leq x), \\ \frac{L}{2\xi+1} (\xi+x)(\xi+1-y), & (x \leq y < 1) \end{cases}$$

る形に表わされる。こゝに  $L$  は全巻線の実効誘導、また  $\xi$  はコイルスタックの両側において全巻線を取囲む相互磁束の全部を包みし得るに充分なる深さである。

しこうして (VII. 4) 式に  $D \rightarrow \lambda$  変換を施せば

$$\frac{\partial F_e(\lambda, x)}{\partial x} = rF_2(\lambda, x) + \lambda \int_0^1 M(x, y) F_2(\lambda, y) dy, \quad (0 < x < 1) \quad (\text{VII. } 27)$$

となるが、これを  $x$  について二回微分すると

$$\frac{\partial^3 F_e(\lambda, x)}{\partial x^3} = (r \frac{\partial^2}{\partial x^2} - L\lambda) F_2(\lambda, x), \quad (0 < x < 1) \quad (\text{VII. } 28)$$

となる。また、(VII. 7)、(VII. 8)、(VII. 9) 三式より  $F_1(\lambda, x)$  及び  $F_3(\lambda, x)$  を消去すると

$$\frac{\partial F_2(\lambda, x)}{\partial x} = \left\{ (C\lambda + G) - (K\lambda + g) \frac{\partial^2}{\partial x^2} \right\} F_e(\lambda, x), \quad (0 < x < 1) \quad (\text{VII. } 29)$$

が得られる。

所で境界条件は、(VII. 11) 式及び (VII. 12) 式の他に (VII. 4) 式を  $x$  について二回微分したことによつて、

$$\left[ \frac{\partial F_e(\lambda, x)}{\partial x} \right]_{x=0} = r F_2(\lambda, 0) + \frac{L\lambda\xi}{2\xi+1} \int_0^1 (\xi+1-x) F_2(\lambda, x) dx, \quad (t \geq +0), \quad \dots \dots \dots \quad (\text{VII. 30})$$

$$\left[ \frac{\partial^2 F_e(\lambda, x)}{\partial x^2} \right]_{x=0} = r \left[ \frac{\partial F_2(\lambda, x)}{\partial x} \right]_{x=0} + \frac{L\lambda}{2\xi+1} \int_0^1 (\xi+1-x) F_2(\lambda, x) dx, \quad (\dots) \dots \dots \quad (\text{VII. 31})$$

$$\left[ \frac{\partial F_e(\lambda, x)}{\partial x} \right]_{x=1} = r F_2(\lambda, 1) + \frac{L\lambda\xi}{2\xi+1} \int_0^1 (\xi+x) F_2(\lambda, x) dx, \quad (\dots), \quad \dots \dots \dots \quad (\text{VII. 32})$$

$$\left[ \frac{\partial^2 F_e(\lambda, x)}{\partial x^2} \right]_{x=1} = r \left[ \frac{\partial F_2(\lambda, x)}{\partial x} \right]_{x=1} - \frac{L\lambda}{2\xi+1} \int_0^1 (\xi+x) F_2(\lambda, x) dx, \quad (\dots) \quad \dots \dots \quad (\text{VII. 33})$$

の内の何れか二つ、或はそれ等の組合せから成る関係式の内の独立なる何れかの二つが附け加わる。こゝでは便宜上その増加るべき境界条件として (VII. 30)- $\{\xi \times (\text{VII. 31})\}$  及び (VII. 32)+ $\{\xi \times (\text{VII. 33})\}$  をとることとする。  
すなわち

$$\left[ \frac{\partial F_e(\lambda, x)}{\partial x} \right]_{x=0} - \xi \left[ \frac{\partial^2 F_e(\lambda, x)}{\partial x^2} \right]_{x=0} = r \left\{ F_e(\lambda, 0) - \xi \left[ \frac{\partial F_2(\lambda, x)}{\partial x} \right]_{x=0} \right\} \quad \dots \dots \dots \quad (\text{VII. 34})$$

$$\left[ \frac{\partial F_e(\lambda, x)}{\partial x} \right]_{x=1} + \xi \left[ \frac{\partial^2 F_e(\lambda, x)}{\partial x^2} \right]_{x=1} = r \left\{ F_e(\lambda, 1) + \xi \left[ \frac{\partial F_2(\lambda, x)}{\partial x} \right]_{x=1} \right\} \quad \dots \dots \dots \quad (\text{VII. 35})$$

である。

(つづく)

## 「三菱電機」購讀料改訂のお知らせ

毎度御愛読いたゞいております當社發行 技術研究雑誌「三菱電機」は昭和 25 年度 Vol. 24 No. 1 より A4 判に改裝、定價を下記のように改訂致します。  
執筆陣も充實し、豊富な内容掲載を計りますから引き続き御愛讀のはど願上ます。

定 價 1 部 30 圓 送料 6 圓

なお購讀料は整理の都合上半年または 1 ヶ年前金に下記宛御送附下さるようお願致します。

東京都千代田區丸の内 2 丁目 2 番地

三菱電機株式會社内 三菱電機編集部 電話丸の内 (23) 3344(9)

# 三菱電機 昭和24年 第23卷 総目次

|       |                                    |     |
|-------|------------------------------------|-----|
| 第 1 號 | 圓線圖による水晶發振器特性の検討：薄井                | 1   |
|       | ハネカムコイルのQ：北垣                       | 10  |
|       | 中根                                 |     |
|       | イグナイトロン整流器の點弧回路：竹内                 | 14  |
|       | 石黒                                 |     |
|       | エナメル銅線の試験結果について：野口                 | 25  |
|       | 姫井                                 |     |
| 第 2 號 | コンデンサー套管の趨勢：淺井                     | 29  |
|       | 電解研磨の研究(第1篇 電解液の研究)：齋藤             | 34  |
|       | 北垣                                 |     |
|       | 中根                                 |     |
|       | シリカゲルの吸收能：白井                       | 43  |
|       | 岡本                                 |     |
|       | AD型車輛用電氣式速度計：前田                    | 46  |
| 第 3 號 | 最近の大型變壓器について：田宮                    | 49  |
|       | 25,000 KVA 中性點絶緣低下變壓器の衝擊電壓試驗：村上    | 57  |
|       | 柱上變壓器：内田                           | 68  |
|       | EV型デアイオン避雷器：大木                     | 75  |
| 第 4 號 | 絶緣ワニスの内部乾燥と絶緣抵抗：白井                 | 85  |
|       | Fe 不純物が Al およびその合金に及ぼす影響(第2報)：長谷川  | 89  |
|       | 牛波型倍壓整流回路の解析：北垣                    | 99  |
|       | 鋸屑の熱常數に及ぼす濕潤の影響(第1報) 濕潤による比熱の變化：長川 | 103 |
|       | 尾島 沼勝                              |     |
|       | 電熱線の近況：田村                          | 107 |
|       | 原 岩崎                               |     |
|       | 運轉中における變壓器の絶縁油濾過：吉澤                | 115 |
|       | 鳥                                  |     |
|       | 直流電磁接觸器の接觸子材料：待鳥                   | 121 |
| 第 5 號 | 鐵製イグナイトロン整流器冷却方式について：加藤            | 127 |
|       | 電車斷流器の遮斷特性：小川                      | 137 |
|       | 鋸屑の熱常數に及ぼす濕潤の影響：尾島                 |     |
|       | (第Ⅱ報) 濕潤による熱傳導率の變化：長沼              | 145 |
|       | 明右                                 |     |
|       | 代用フィッシュ紙について：尾島                    | 153 |
|       | 野口                                 |     |
| 第 6 號 | 水晶共振子に對する連續變化周波數の勵振作用：薄井           | 161 |
|       | 粒度分布測定法に関する一試案：山下                  | 170 |
|       | 自動射出成型機用制御裝置：吉野                    | 176 |
|       | 大須賀                                |     |
|       | オート三輪車用新型電裝品                       |     |
|       | BK型イグニションダイナモ、RK型自動電壓調整器：宮崎        | 183 |
|       | 冷媒中の水分と絶縁抵抗に關する實驗：大野               | 189 |
|       | 服部                                 |     |
|       | Heaviside演算子法に對する新しい考察：菅野          | 196 |
|       | とその電氣回路解析における應用(XVI)：菅野            |     |
| 第 7 號 | 非直線特性に基因する眞空管發振器の周波數變動：薄井          | 201 |
|       | 電鐵用鐵製イグナイトロン整流器：加藤                 | 212 |
|       | Fe 不純物が Al およびその合金に及ぼす影響(第三報)：長谷川  | 229 |
|       | Heaviside演算子法に對する新しい考察：菅野          | 236 |
|       | とその電氣回路解析における應用(XVII)：菅野           |     |
| 第 8 號 | 變壓器の室素封入裝置：岩原                      | 241 |
|       | FL-1型パルス式線路障害探知機：樺本                | 246 |
|       | 電動機操作順序開閉器：松田                      | 254 |
|       | Heaviside演算子法に對する新しい考察：菅野          | 261 |
|       | とその電氣回路解析における應用(XVIII)：菅野          |     |

## 新製品紹介

### I 16型 三菱電氣アイロン

このアイロンは 2 kg (4.5 ポンド) の手頃な重さで使い易く、その上 堅牢優美で壽命が長く、メツキがよく、熱の傳導が極めて速く御家庭用として最も適當なものです。

發熱體には最近アメリカで好評をうけているチーブエレメントを採用してあります。

發熱板には 特に精選したニッケルクローム線を用い、外氣から完全に遮断されていますから錆びる心配はありません。

當社では獨特な方法（特許第 145604 號）で製作していますから 性能は充分信頼できるものであります。

形狀は溫度分布と熱傳導をよくするよう 偏平にして密着する形とし 特に口出部分の強度を増すように曲げてあります。



#### 「三菱電機」 VOL. 23 NO. 7 掲載內容

#### 「三菱電機」 VOL. 24 NO. 1 内容豫定

- 非直線特性に基因する真空管發振器の  
周波數變動 ..... 薄井  
電鐵用イグナイトロン整流器 ..... 加藤  
Ee 不純物が Al およびその合金に  
及ぼす影響(第3報) ..... 長谷川  
Heaviside 演算子法に対する新しい考察と  
その電氣回路解析における應用 (XVII) ..... 菅野

- 吉川  
撮送式テレメータ試験報告 ..... 吉川  
30KV V型遮断器 ..... 五十嵐  
FL-1 型による電力ケーブルの障害探知 ..... 本村  
上  
プレス荷重計算に對する切缺應力の考慮 ..... 斎藤  
塗料の噴霧作業條件の決定について ..... 大田

## 新製品紹介

### 「三 菱 電 機」

V O L. 2 3 N O. 8

昭和 24 年 12 月 25 日 印刷

『禁無断轉載』

昭和 24 年 12 月 30 日 発行

定價 1 部 金 15 圓 (送料共)

編輯兼發行人

小林稻城

東京都港區麻布竹谷町一番地

印 刷 者

大橋松三郎

東京都港區麻布竹谷町一番地

印 刷 所

博文堂印刷所

東京都千代田區丸の内 2丁目 2番地

發 行 所

三菱電機株式會社内

「三菱電機」編輯部

電話丸之内 3 3 4 4 (9)

日本出版協會會員番號 B 213013