

# 三菱電機

— MITSUBISHI - DENKI —

Vol. 23 No. 8

## 目 次

變壓器の窒素封入装置…………… 岩 原 二 郎 (1)

FL-I 型 パルス式線路障害探知機…………… 檜 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  
その電氣回路解析における應用 (XV)…………… 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 装 置

變壓器に窒素封入の方式を採れば、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『イナートヤコンパウンド』と稱する化學藥品による方法は採用され機多使用されているが、この方式は使用するこの藥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概要を説明した。

伊丹製作所 岩 原 二 郎

## 1. 結 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ない。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。

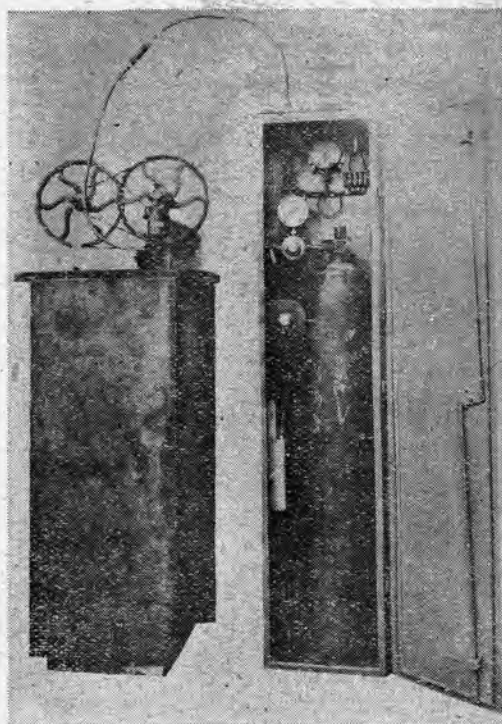
變壓器油のもう一つの役目は、變壓器内部で発生する熱を運んでこれを冷却器から發散させる事である。この際變壓器内部における油の循環速度が大きい程冷却効果はよいから、自冷式の變壓器では殊に、粘度の低い、温度による膨脹係数の大きな油が望ましいのである。しかし一方、温度により油の膨脹收縮が大きいといわゆる『呼吸作用』なる現象が、必然的に大きくなるのは避けられない所である。

普通の構造の變壓器では、負荷及び周圍温度の變化により、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っていく。これを、變壓器の『呼吸作用』と云い、負荷及び周圍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氣が、タンク内に入つて来て、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、石鹼狀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、油が濁つて来て、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来るようになる。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収して、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。

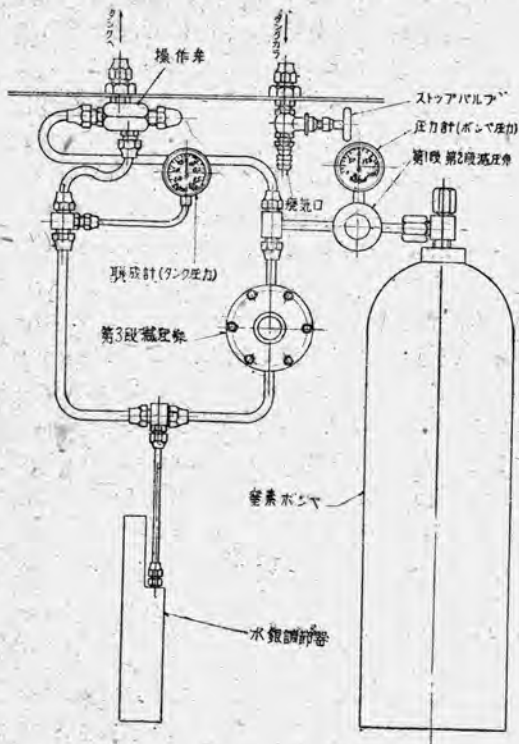
これを防ぐために、従來は外氣吸入口に『イナートヤコンパウンド』と稱する、特殊な銅の粉末と鹽化カルシウム及び炭素粉末等のガス吸収劑を用い、タンク内に吸入される外氣中の酸素と濕氣等を、出来るだけ除去する方法が用いられた。この方法は、イナートヤコンパウンドの補充が面倒であり、經費もかさむ缺點がある。あるいはまた、タンク上部の空隙に窒素ガスを封入し、油その他で密封しておき、この空隙を充分大きくとつて、油が膨脹收縮しても變壓器内の壓力變化がさほど大きくならないようにする方法等、種々の工夫が施されている



1 圖 壽命試驗中の窒素封入裝置







4 図 配 管 図

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っている。

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ってパッキンの漏洩等のため、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。

排気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もみ使用し、普段は固く閉じておく。

#### (a) 減 壓 弁

5 図参照。ポンプ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。第一室に入つたガスの圧力が  $15\text{kg/cm}^2$  になると、ガス圧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らダイヤフラムと弁の間に間隙が生じ、弁は第一段弁發條に押されて自動的に閉じ、ポンペ内から第一室へのガスの流入は停止する。逆に第一室内のガス圧力が  $15\text{kg/cm}^2$  以下になると、調整發條の力が、ダイヤフラム及び弁發條の力より大きくなつて弁を押し開き、ポンペ内のガスは第一室内

變壓器の窒素封入装置・岩原

の圧力が  $15\text{kg/cm}^2$  になるまで流出する。すなわちポンペの壓力如何にかゝらず第一室内には常に壓力  $15\text{kg/cm}^2$  の窒素ガスが充滿している。

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

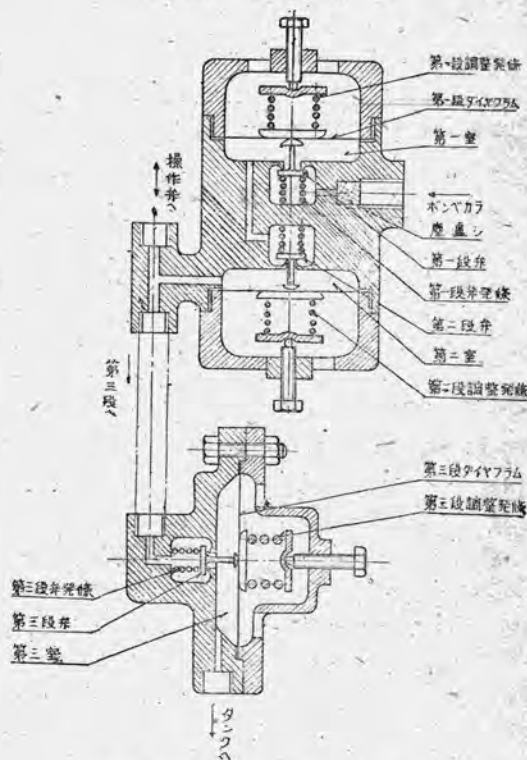
$0.5\text{kg/cm}^2$  まで減壓されたガスはパイプを経て第三段減壓弁に導かれ、こゝで更に第三回の減壓を受け  $0.05\text{kg/cm}^2$  まで下り變壓器タンクへ流入する。すなわちタンク内の壓力が  $0.05\text{kg/cm}^2$  以上の場合には減壓弁は常に閉じており、壓力がこれ以下に下つた場合に減壓弁は開いてポンペから窒素ガスを補給してやり、ポンペが空になるまで上の動作は繰返し行われる。

第三段弁を閉ざしている力は、第三段弁發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。

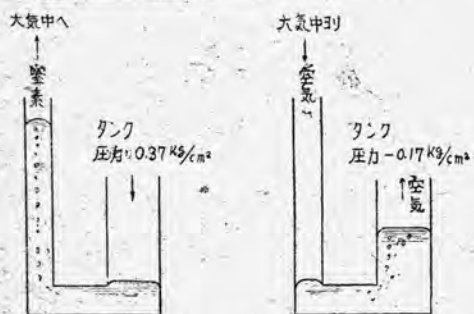
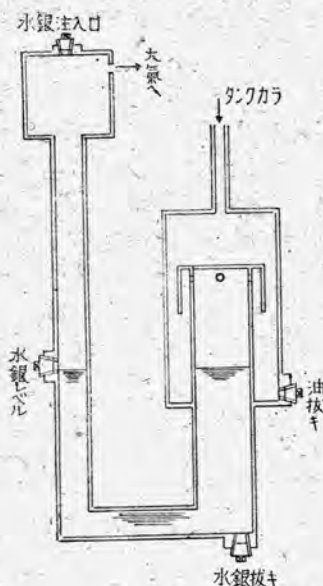
#### (b) 水銀調整器

6 図参照。水銀調整器はタンク内の壓力を一定範囲に

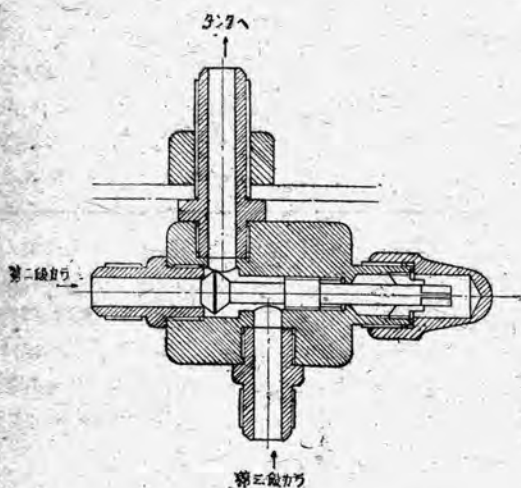
減 壓 弁 第 一 段 第 二 段



5 図 減 壓 弁



6 図 水 銀 調 整 器



7 図 操 作 弁

保つための安全装置で、6 図のような水銀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  $0.37 \text{ kg/cm}^2$  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、窒素ポ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来た場合は  $-13 \text{ cmHg}$  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パ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弁で、普段は第二段T接手からの口を閉じ、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、 $0.05 \text{ kg/cm}^2$  の窒素ガスでは時間がかゝるから、この場合は第三段からの入口を閉じ、第二段出口から  $0.5 \text{ kg/cm}^2$  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. ポンベ内の窒素が消費されて空になつた場合

ポンベ内の圧力がタンク内の圧力と等しくなるまで、すなわちポ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、ポンベ内の圧力が  $15 \text{ kg/cm}^2$  まで下ると圧力計の電気接点が閉じて警報を発するからこの時はポンベを取替ねばならぬ。

### 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  $0.37 \text{ kg/cm}^2$  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、 $0.4 \text{ kg/cm}^2$  になると聯成計の電気接点が閉じて警報を発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

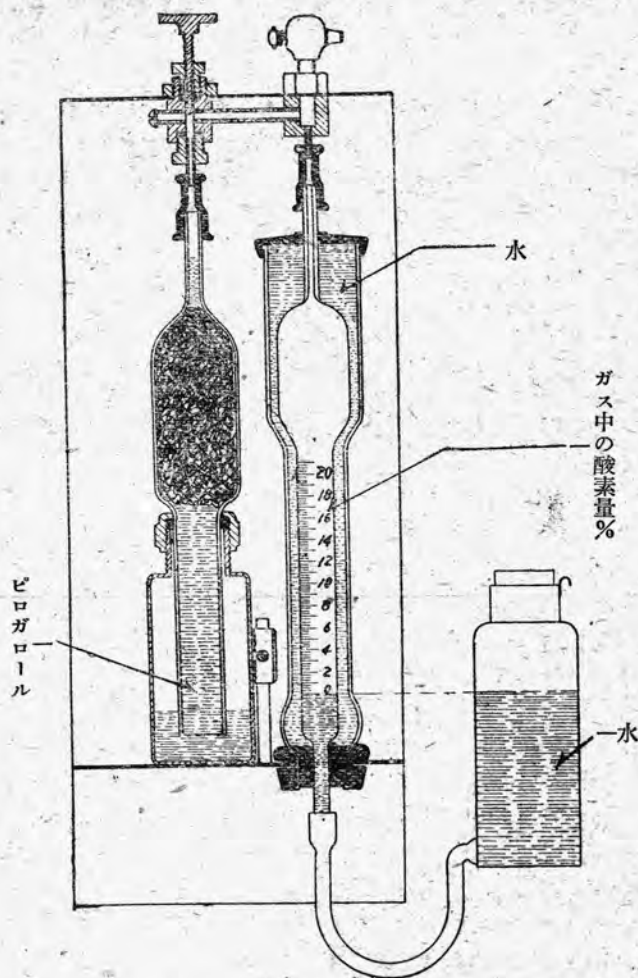
タンク内の圧力が低くなり過ぎるとパッキング部分等から知らぬ間に空気を吸込んでいる危険があるから、タンク内の圧力が  $-7.6 \text{ cmHg}$  になると聯成計の電気接点が閉じて警報を発する。この時なお放置しておいても圧力が  $-13 \text{ cmHg}$  になると水銀調整器から大気を吸込んでタンクのパッキング等が損傷するのは防ぐ。しかし一度空気を吸込むとこれを完全に追出すには手数がかゝるから、真空になつて警報を発した場合は速かに處置せねばならぬ。

## 4. 保守と取扱い注意

1. 取付けが完了したら運轉に入る前に全部のジョイント部分のガス洩れを検査し、なおパ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 圖

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。なお時々ボンベ圧力を注意し、窒素の消費量があまりに烈しい時は各部の洩りを点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、変圧器負荷の變化狀態等により一定しないから一概には云えないが、今までの經驗によると、窒素7.5kg入りのボンベ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變壓器に簡単に加工取付けする事  
變壓器の窒素封入裝置・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来ないから、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、變壓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、普通の構造の變壓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、コイルや鐵心の溫度上昇は油の新しい時と變りがなく、變壓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。また變壓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發表した。試験は架空通信線、無装荷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 榎 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、従来障害の種類に應じ 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でかつ測定結果も不正確であり、障害箇所の發見に要する勞力ならびに經費は少なく、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檢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、従來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對象とする事が出来、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) 發生したり止んだりする障害も探知出来る。

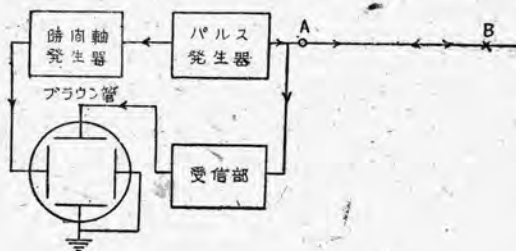
等であり、従來の障害探知に對し劃期的な方法であると言ふ事ができる。

我々は各方面にこの方式による障害探知裝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。

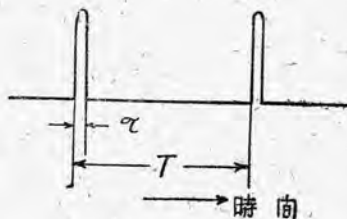
## 2. 原 理

### 2.1 距 離 測 定

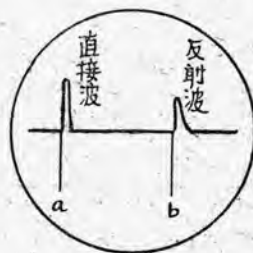
測距の原理は既に周知で述べるまでもないが、簡単に説明すると次の通りである。1 圖はこの方式の原理を示



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)

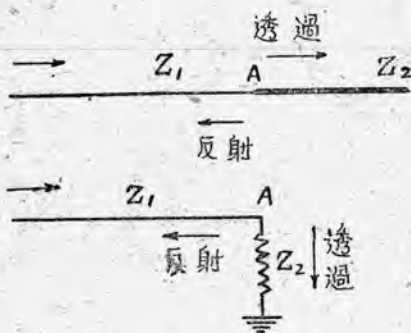
B点では一部は反射され測定点Aの方へ歸つて来る。この反射波を反射したパルス(直接波)と共に受信増幅し、これを周期Tに同期せしめた時間軸を有するブラウン管の縦軸に加えると、例えば3圖の様な映像が得られる。3圖でa.b間を掃引するに要した時間はパルス波が線路のAB間を往復するのに要した時間であるから、この時間とその線路における傳播速度を測定すれば、測定点Aより障害点Bまでの距離は直ちに求められるわけである。

## 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合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、接続点Aに向つて  $Z_1$  線路より進行して来た電壓波に対する反射係数  $m$  は次式で與えられる。

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

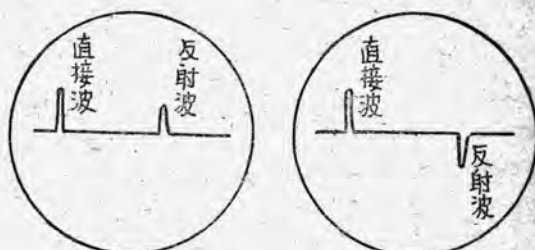


4 圖

ここに  $V_1$ ,  $V_2$  はそれぞれA点における進入波と反射波の電壓を表す。よつて  $Z_1$ ,  $Z_2$  が純抵抗である場合には  $m$  も實数となり、 $Z_2$  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對極性となる。

これを障害の種類と對應させると斷線、接續不良等は  $Z_2 > Z_1$  の場合に、短絡、絶縁低下、地氣、混線等は  $Z_2 < Z_1$  の場合に相當し、これ等の場合に得られるブラウン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  $m$  の絶対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ブラウン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。



例えば斷線の場合  
(a)

例えば短絡の場合  
(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合がある場合には反射波の波形はやや面倒になるが、一般的に言つてパルス波形を微分した様な波形となる事が計算されている。

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。障害点からの反射波が強く線路の減衰が小さい場合には障害点と探知機の間を反射波が何回も往復し、一つの障害点の反射波がブラウン管上に幾つも現われる。

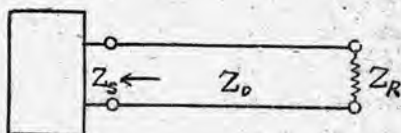
6圖において

$Z_s$  = 探知機出力インピーダンス

$Z_R$  = 障害点のインピーダンス

$Z_0$  = 線路の特性インピーダンス

とすると、 $Z_s$ ,  $Z_0$ ,  $Z_R$  の大きさの關係により、この

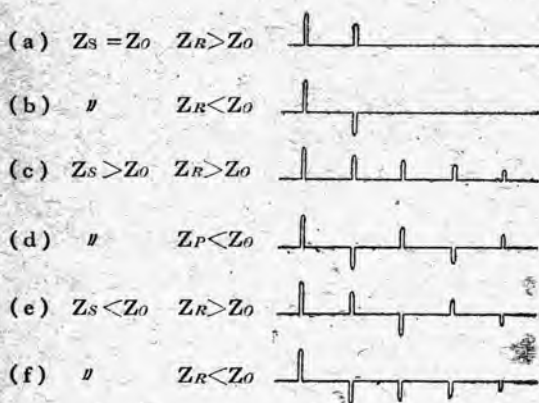


6 圖

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、懸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点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) 測距の精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かつ讀取精度を上げて測距精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  $Z_0 = 200\Omega$  無装荷クワッドケーブルでの探知能力は大體  $20\text{km}$  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、少數臺數で相當廣い範圍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。またブ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  $120\text{mm}$  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    距離範圍切換  
 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ブ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っている。

- (5) 距離範圍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圍を  $30\text{km}$  と  $150\text{km}$  と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應じ線路接續の切換えを迅速にすることを目的としている。

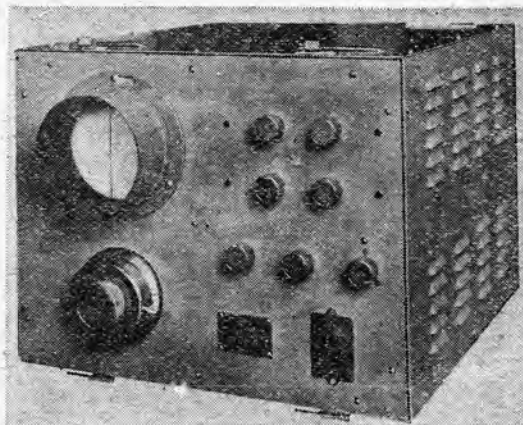
- (7) 寫眞撮影を考慮する事……このために X 線用ライカ版寫眞機を簡単に取付け得る様、フードならびにアダプターを設計附屬せしめた。

- (8) 電源電壓の變動に應じ得る事……このためには廣い範圍に調整し得る電壓調整器を附屬せしめた。

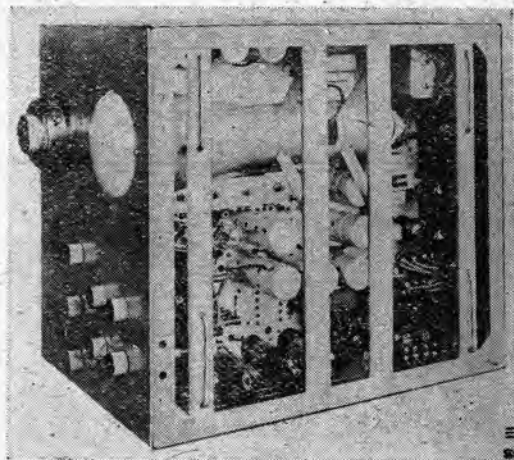
8 圖～11 圖は本機の外觀ならびに内部を示す。

#### 3.2 諸元 特性

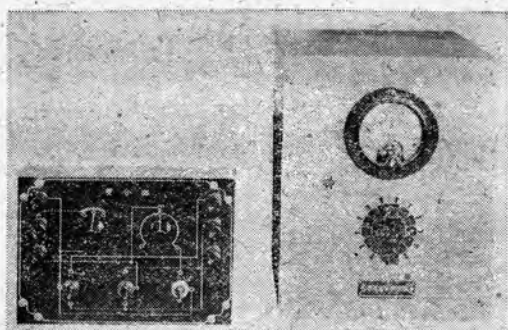
本機の主要諸元は次の通りである。



8 圖

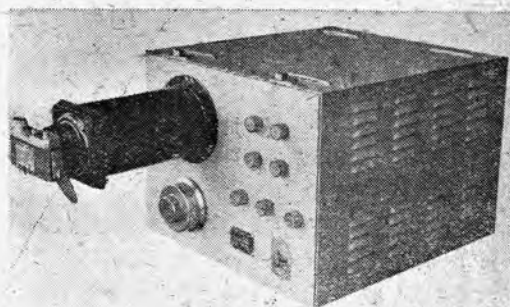


9 圖



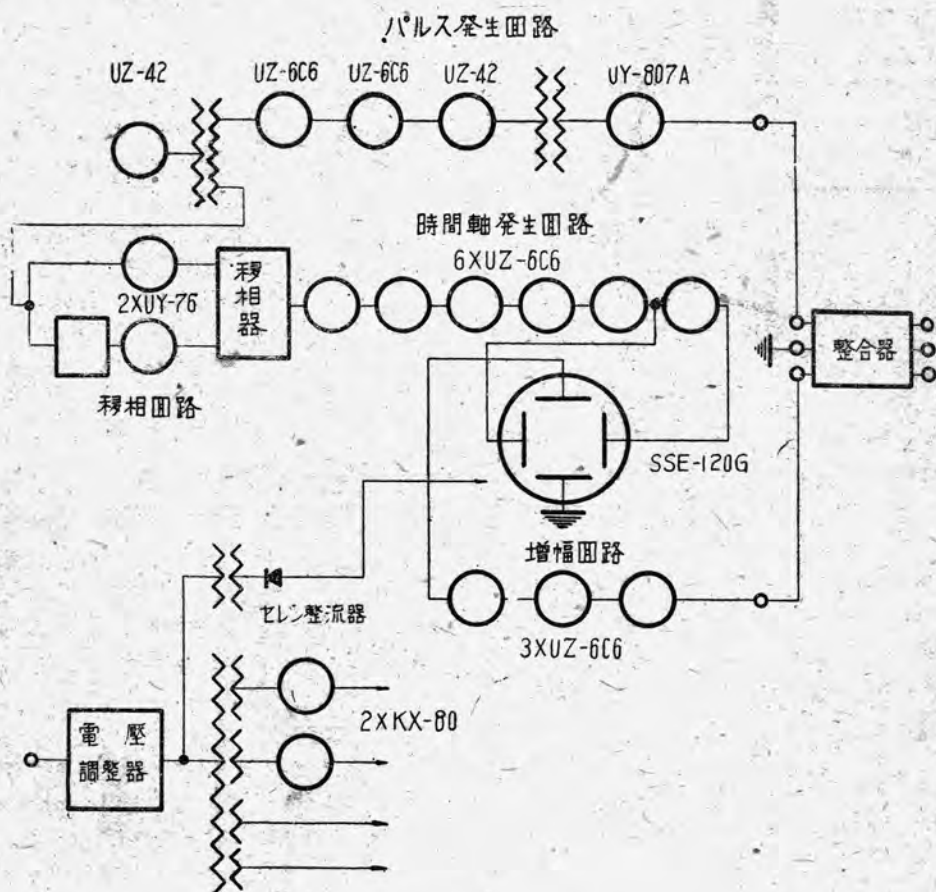
10 図

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 kg 整合器 1.3 kg  
電圧調整器 10.5 kg  
寸法 本體 450mm×350mm×550mm  
整合器 200mm×140mm×75mm  
電圧調整器 200mm×270mm×210mm

### 3.3 回路方式

12 圖は本器の回路方式を示す。使用真空管は

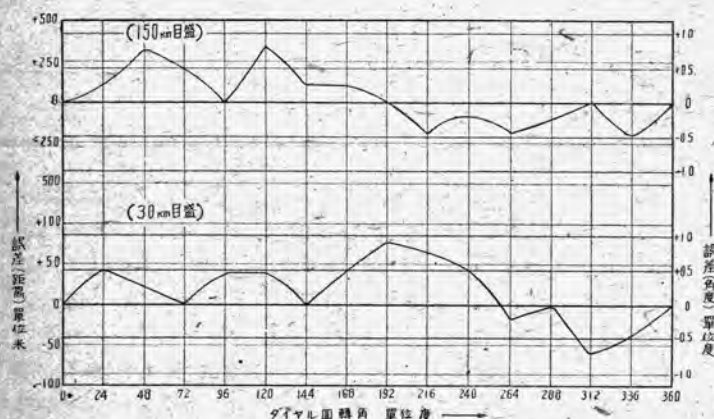
UZ-60C...11本 UY-76...2本 KX-80...2本

UZ-42...2本 UY-807...1本 SSE-120G...1本

である。

### 3.4 測距方式

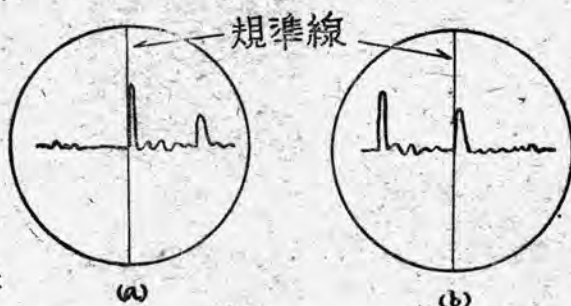
精度ならびに使用上の便利さを考え工作上の不利を忍んでゴニオ型移相器を採用した。本機のゴニオ型移相器は東北大学通信研究所石田教授の戦時中の貴重な研究結果に基づき設計したもので、工作ならびに回路調整による誤差以外は原理的に誤差を生じない構造になっており精密工作と正しい回路調整により誤差を極めて小になし得るものである。13 圖は實測誤差曲線で 150km 30km 兩測定範圍共誤差は最大 $\pm 1^\circ$  ( $\pm 2.8 \times 10^{-3}$ ) 以内に樂に入っている。ゴニオ型移相器の使用により距離範圍を切換えても%誤差は一定となし得るのであつて、例えば最大誤差は 30km range では 150km range の場合の1/5



13 圖

となり、測定範圍が小さくなる程精度が上る。

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圖(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讀取ればよい (14圖(b))。150km range では最小目盛は1km、30km range では同じく 200m であつてパーニヤ目盛でそれぞれその  $1/10$  まで正確に讀取る事ができる。



14 圖

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校正する必要がある。この校正は供試線路の既知長を用い人工障害 (例えば斷線、短絡等) を作つて上述の如く測定し、その場合の實長を  $L_0 km$ 、距離計の読みを  $L km$  とすれば校正係数は  $L_0/L$  となり爾後はその線路について得られた讀取値にこれを乗ればよいのである。

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さ

ぬために生ずる反射波の build up に基づく誤差等、装置固有の誤差以外の誤差もすべて校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校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 對無裝荷市外ケーブル

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。なお斷線、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

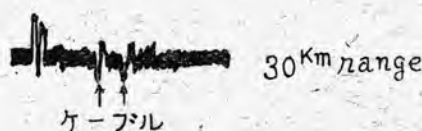
15 圖は大廣#1線 ( $Z_0=600\Omega$ ) において姫路 (距離 90, 761km) にて兩線開放し、150km range にて線間を測定せるものである。この場合距離計の讀取値は91.2km であり、校正係数は 0.985、傳播速度  $U_0=295.5m/\mu s$  となる。この線路は小曾根-伊丹 (15,712km) 間で短いケーブルが處々に入っているため、直接波のすぐ右側に強い



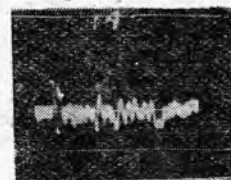
15 圖



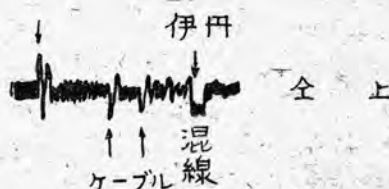
16 圖



17 圖



18 圖



反射が多数出ており、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 圖は 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 圖は伊丹において地氣したもので、18 圖は伊丹において飾磨 #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 まで十分な感度で探知できた。ただし地氣の場合は 60 c/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

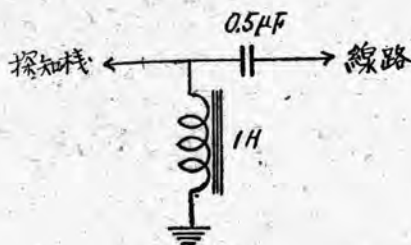
小曾根變電所近畿支店間 (8,400km) 24 對無装荷ワッドケーブル ( $Z_0=200\Omega$ ) につき試験を行つた。19 圖は #23 番線で近畿支店にて開放した時の寫眞である。距離 8,400km に對し距離計讀取値は 11.74km であつて校正係数は 0.715、傳播速度は 2.214.5m/ $\mu$ s となる。20 圖

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 圖は支店において線間を 100 $\Omega$  で短絡した場合、22 圖は線間 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續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 圖は #15 線の寫眞で條件は 19 圖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% 變化すれば充分探知できた。

#### 4.3 送電線

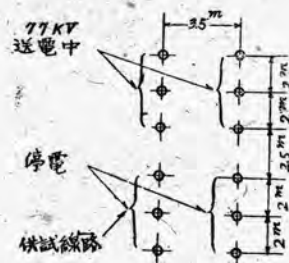
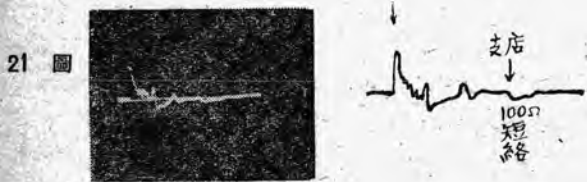
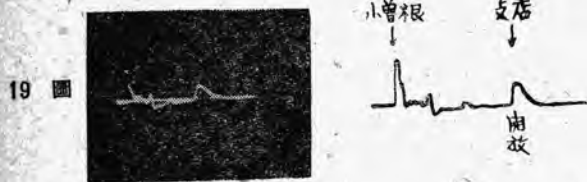
送電線においては生きている場合はもちろん、送電休止の線路においても同一鐵塔の他回線が生きている時には誘導により、大地に對しては相當の電壓を發生しているからパルスを送出するには適當な結合蓄電器と drainage coil を必要とするが、24 圖に示す如く結合蓄電器とし

て  $0.5\mu F$  drainagecoil として  $1H$  のチョークを用い測定を行った。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  $6.587km$ ) を折返し単線として用いたが、誘導電圧は最高  $930V$  程度であつた。25 圖は架線配置を示す。26 圖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が 27 圖である。



24 圖

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



25 圖

射、後者は正反射を示している。

30 圖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、各接続点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。

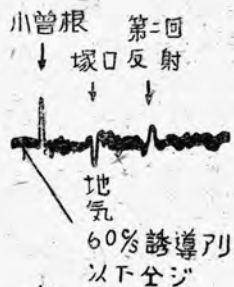
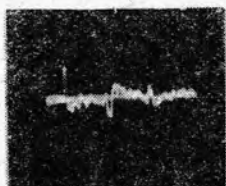
## 5. 結 言

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、現在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劃期的な成果をもたらすものと信ずる。

撰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

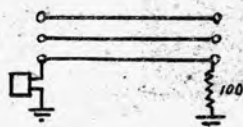
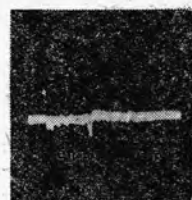


27 圖

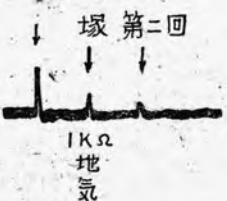
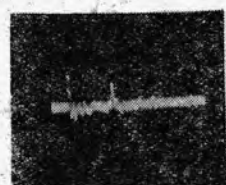


全 上

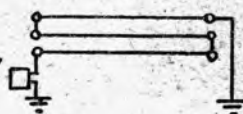
28 圖



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、試験結果及び従来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、電氣式單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轉させるのに、従來は電磁弁を使用してい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乗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、試験結果及び従来の電磁空氣式

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、齒車箱、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。

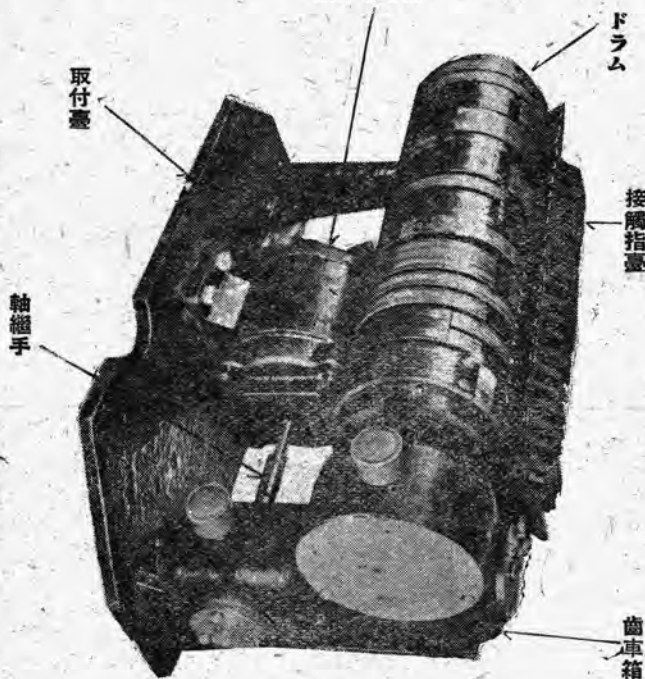
操作電動機は小型の 15 分の 1HP（直流 100V、1.4 1700r pm、分巻、 $\frac{1}{4}$  時間定格）であつて、ウォームギヤ 2 段で減速し、齒車比は 84:1 である。齒車箱にはこの 2 組のウォームギヤを収め、半可撓軸繼手を介して電動機と直結したウォームの一方の軸受にはボールベアリングを使用し、その他の軸受には住友電工製のオイルレ

スベアリングを使用して、軸受摩擦を減ずると共に、給油の手数を省いた。また點檢、手入れに便利の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ャップを備えている。

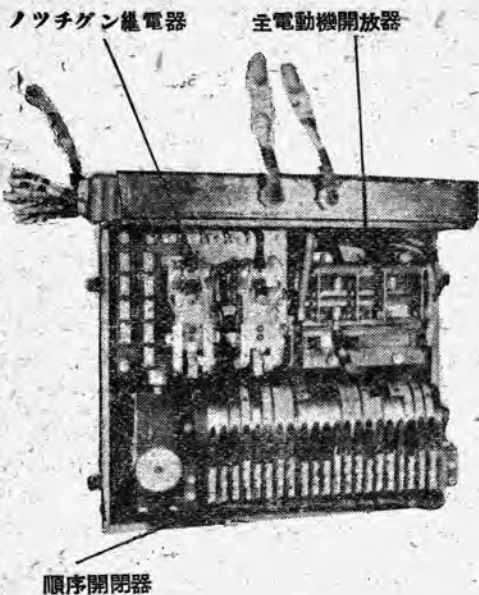
ドラム、接觸指及び接觸指臺は従来の電磁空氣式のものと同様であるが、ノッチが増した關係上ドラム及び接觸指臺は幾分長い。

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、ノッチング繼電器、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。

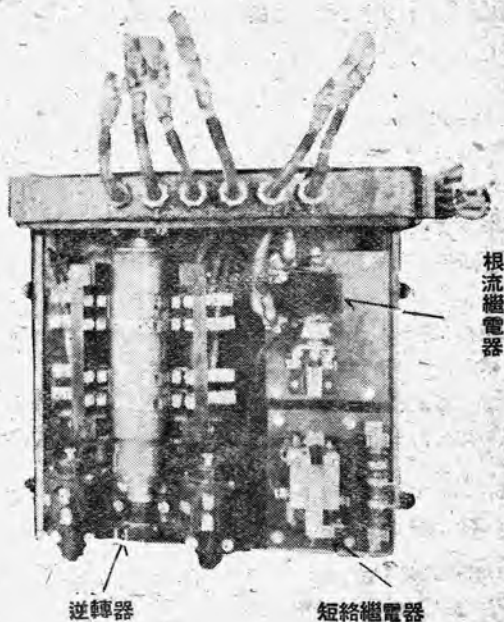
この制御方式の特長としては、



1 圖



2 圖



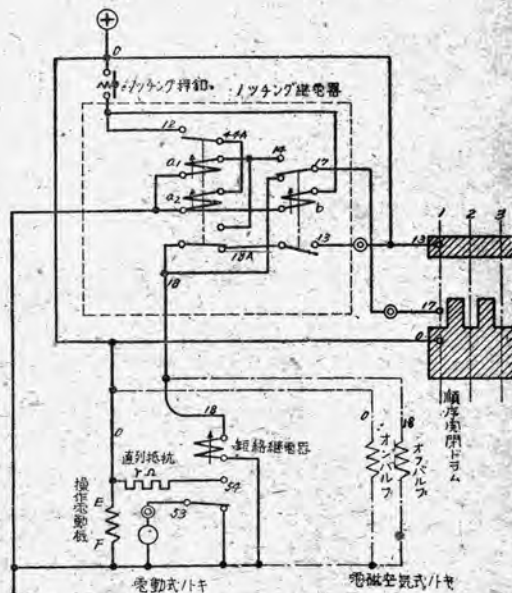
3 圖

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。従つて従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ので、各ノッチの起動停止が均一である。
4. 操作用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継電器も簡単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収まり、重量は輕減される。
7. 操作用電動機、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 験 方 法

4 圖が實驗に使用した裝置のつながりであつて、順序開閉器の他にノッチング押釦とノッチング継電器を使用した。電動式ではその主要部分は操作用電動機と短絡継電器であり、電磁空氣式ではオンバルブとオフバルブである。

＋と－に直流操作電壓を加へ、ノッ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箇所

4 圖 實驗裝置ツナギ圖

ると操作用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實驗を行つた。すべて

實驗は工場試験であつて使用交流電源は 60 $\sim$  である。

## 1. オツシログラフによる動作時間と電流の測定

オツ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 圖は 17 接觸指と接觸片を示すものであつて, 17 接觸片の端から停止位置までの距離を角度で  $x^\circ$  表す。

電動式では操作電壓を變化し, 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, 操作電壓 100V, 空氣壓力 5kg/cm<sup>2</sup> と 60V, 3 $\cdot$ 5kg/cm<sup>2</sup> で實驗した。

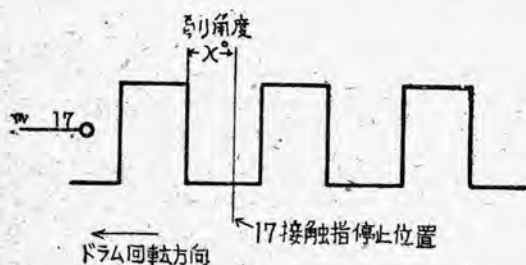
また電動式のときにはノッチを刻まない時, すなわち短絡繼電器コイルを常時勵磁して電動機を連續運轉した時のドラムの 1 回轉所要時間を測定した。

## 4. 試 驗 結 果

### 1. 動作時間と電流測定

#### ア. 電動式順序閉閉器

4 圖のつなぎによつて測定したオツシログラムが 6 $\sim$



5 圖 滑 り 角 度

9 圖である。6 圖は小田急電鐵向, 7 $\sim$ 9 圖は近畿日鐵向試作品であつて何れも 7 $\rightarrow$ 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。オツ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, すなわち操作電壓  $E$  と電機子直列抵抗  $r$  を圖に明記した。

4 圖を参照して 6 圖各點の意味を説明すれば, ノッチング押釦を押せば 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, ドラムが回轉して C 點で 17 接觸指が 17 接觸片に達する。H 點で短絡繼電器の勵磁が 17 回路に切り變り, 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氣制動が始まる。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. 電磁空氣式順序閉閉器

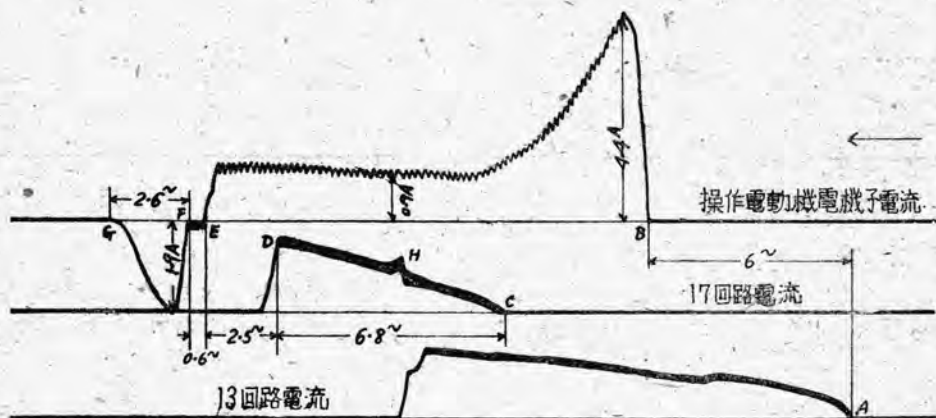
10 圖 (a)(b) にオツシログラムの一例を示す。この順序閉閉器は 10 ノッチのものであつて, 各ノッチの 13 回路と 17 回路電流を圖示した。オツシログラムのフィルム長さに制限されて全ノッチを二つに分けて 10 圖 (a) を前半, (b) を後半とした。

## 2. 滑り角度測定

4 圖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 $\sim$ 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。

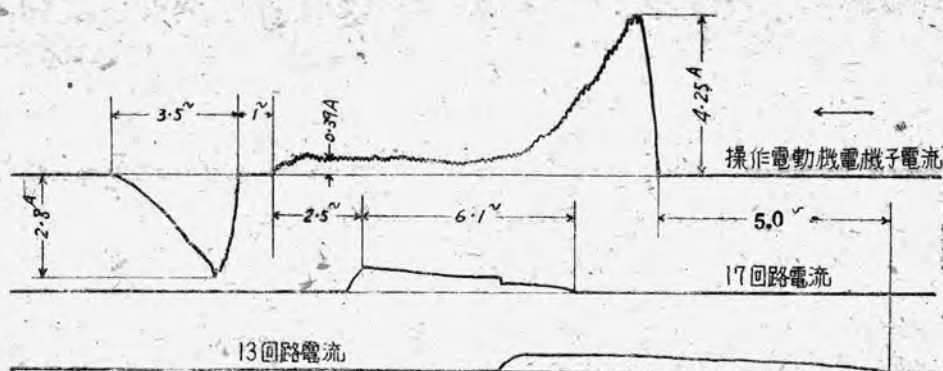
## 3. 操作電動機線温度上昇測定

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 2 A, 50 分通電した温度上昇

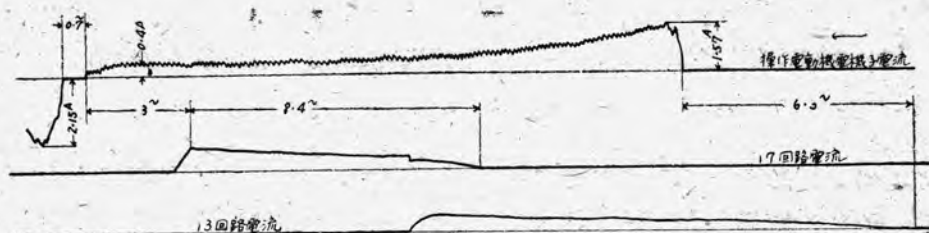


6 圖 小田急電鐵向  $E=100V$ ,  $r=0\Omega$

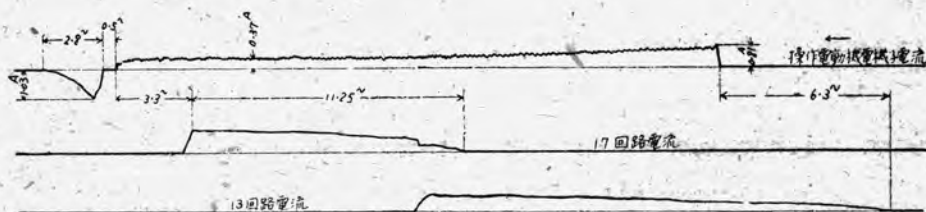




7 圖 近畿日鐵向  $E_t=97V$ ,  $r=0\Omega$



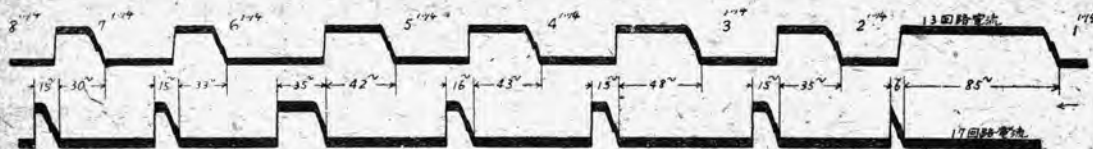
8 圖 近畿日鐵向  $E_t=97V$ ,  $r=49\Omega$



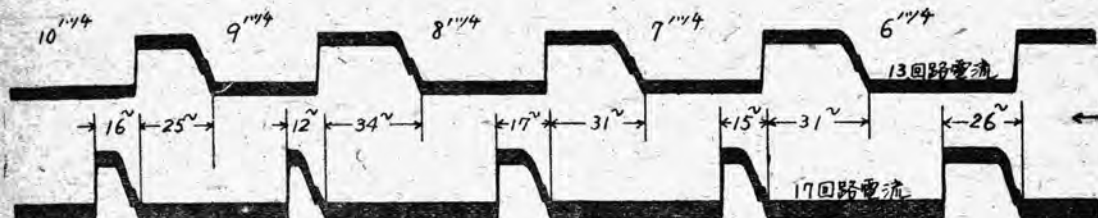
9 圖 近畿日鐵向  $E_t=100V$ ,  $r=98\Omega$

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 壓 V	100	97	97	100
操作電動機電機子直列抵抗 $\Omega$	0	0	49	98
ドラム1回轉所要時間 sec		2.82	3.52	4.60
AB 短絡繼電器の死時間 $\infty$	6	5.8	6.3	6.3
CD 17接觸片通過時間 $\infty$	6.8	6.1	8.4	11.25
DE 短絡繼電器の死時間 と電弧繼續時間 $\infty$	2.5	2.5	3	3.3
EF 接點の移動時間 $\infty$	0.6	1	0.7	0.5
FG 制 動 時 間 $\infty$	2.6	3.5	(3.1)	2.8



10 圖 (a) 電磁空氣式 100V, 5kg/cm<sup>2</sup>



10 圖 (b) 同上

26°C (室温 10°C), 界磁線輪は 90V, 1 時間 40 分通電して温度上昇 33°C (室温 11°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

オツシログラムから各ノッチ間の通過速度を  

$$(17 \text{ 接觸片の角度}) \div (17 \text{ 接觸片通過時間})$$
 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壓, 電機子直列抵抗  $R$ , ドラム 1 回轉所要時間 sec を示し, 電磁空氣式では操作電壓, 空氣壓力 kg/cm<sup>2</sup> 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ってその速度に相當の差違があり, 特に 1→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/秒となる。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。

従つて 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ゐる

### 1. 起 動 時 間

短絡繼電器またはオフバルブ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 1 秒で表わす。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, 短絡繼電器を勵磁してから電機子電流が流れ始めるまでを 1 秒とし, その後 17 回路電流が流れ

2 表 滑 り 角 度

形 式	納 入 先	操作電壓 V	電機子直列抵抗 $\Omega$	ドラム1回轉所要時間 sec	滑 り 角 度 (度)												
					2 ノッチ	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	
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 10 ノッチ		100	空氣壓力 5 kg/cm <sup>2</sup>		15	9	9	9	11	9	8	8	4				

めるまでを  $t_2$  とすれば

$$t = t_1 + t_2$$

である。

オツシロ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。

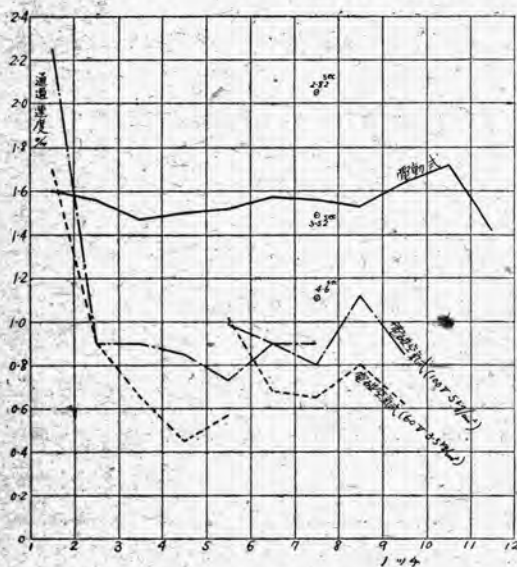
### 3. 滑り角度

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轉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 / $\sim$												備 考
		1 $\rightarrow$ 2	2 $\rightarrow$ 3	3 $\rightarrow$ 4	4 $\rightarrow$ 5	5 $\rightarrow$ 6	6 $\rightarrow$ 7	7 $\rightarrow$ 8	8 $\rightarrow$ 9	9 $\rightarrow$ 10	10 $\rightarrow$ 11	11 $\rightarrow$ 12ノッチ		
電 動 式 (近畿日鐵向)	100 V 49 $\Omega$ 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	2.25	0.9	0.9	0.85	0.73	0.9	0.9					前 半 後 半	
	5 kg/cm <sup>2</sup>					0.99	0.9	0.8	1.12	0.85				
	60 V	1.7	0.9	0.65	0.45	0.57							前 半 後 半	
	3.5 kg/cm <sup>2</sup>				>	1.02	0.68	0.65	0.8	0.62				

◎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

くなつてゐる。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、2.82, 3.52, 4.6 秒の1回轉所要時間に対する起動時間はそれぞれ8.0, 12.1, 16.9秒となる。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。

において回轉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ふ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、回轉、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、電動式は同方向回轉ができ、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てゐる。こゝでは部品別にその長所、短所、を感じたまふ述べることにする。

#### 1. 電空式單位スイッチとの組合せ

この順序開閉器は電空式單位スイッチの電磁線輪回路を操作するものであつて、迅速確實な電動式操作と、確實安全な單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。短所としては單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秒の時間が必要であつて、これ以上に回轉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轉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

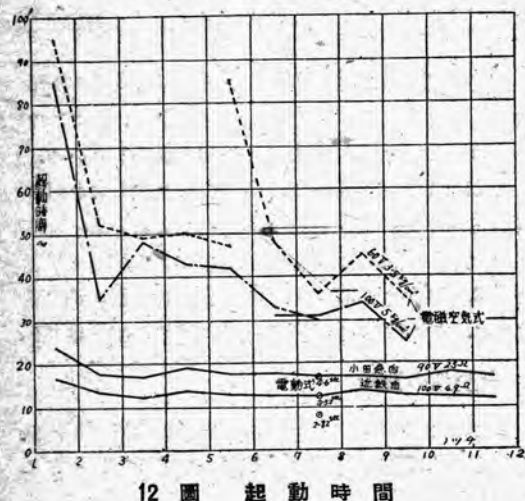
カム軸接觸器に比べ小容量の電動機を使用しているので起動時、制動時の衝撃電流が小さく、また起動、停止



4 表 起 動 時 間

形 式	回路条件	起 動 時 間											
		1→2	2→3	3→4	4→5	5→6	6→7	7→8	8→9	9→10	10→11	11→12	ノッチ
電 動 式 (小田急電鐵向)	90V 25Ω	t <sub>1</sub>	8.0	7.2	6.0	7.0	7.5	7.7	7.0	7.0	7.2	7.0	7.5
		t <sub>2</sub>	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 (近畿日鐵向)	100V 49Ω	t <sub>1</sub>	6.0	6.9	5.8	6.7	6.0	5.8	5.8	6.2	6.0	5.4	5.8
		t <sub>2</sub>	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 5kg/cm <sup>2</sup>	t	85	35	48	43	42	33	30				(前 半)
								31	31	34	25		(後 半)
	60V 3.5kg/cm <sup>2</sup>	t	95	52	49	50	47						(前 半)
							85	48	36	45	35		(後 半)

◎ドラム1回轉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温度上昇も殆んど問題にならないことは試験結果3を見れば判るであらう。電動式の缺點としては操作電壓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。この短絡繼電器の運速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 秒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つ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 演算子法に對する新しい考察とその電氣回路解析における應用 (XVIII)

研究所 菅野 正雄

## 第 VII 章

### 變壓器巻線上の進行波

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、二次巻線を見放した時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單には第 16 圖に示す如き等價回路にて表わされる。ただし、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、回路定數は巻線の單位長につき次の如くなつてゐるものとする。

$C$  : 大地に對する分路容量,

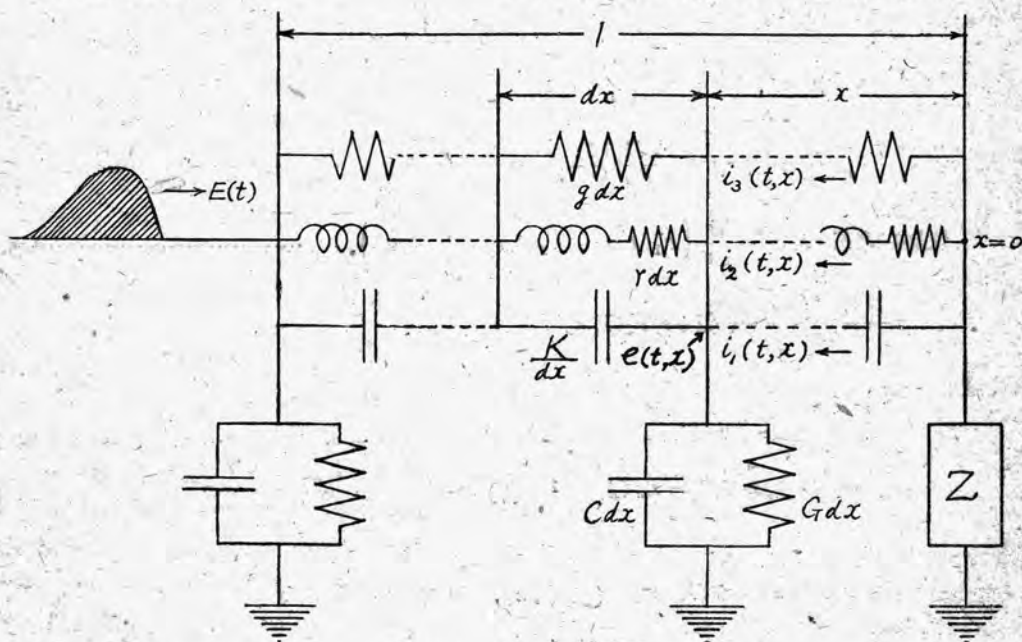
$K$  : 巻線に沿う直列容量,

$G$  : 大地に對する分路コンダクタンス,

$g$  : 巻線に沿う分路コンダクタンス,

$r$  : 直列抵抗,

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



第 16 圖

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-積分方程式ならびに境界條件が得られる。

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

$$i_1(t, x) = K \frac{\partial^2 e(t, x)}{\partial x \partial t}, \quad \dots \dots \dots (\text{VII. } 1)$$

$$i_3(t, x) = g \frac{\partial e(t, x)}{\partial x}, \quad \dots \dots \dots (\text{VII. } 2)$$

$$\left( C \frac{\partial}{\partial t} + G \right) e(t, x) = \frac{\partial}{\partial x} \left\{ i_1(t, x) + i_2(t, x) + i_3(t, x) \right\}, \quad \dots \dots \dots (\text{VII. } 3)$$

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

境界条件:  $t \geq +0$  において

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

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

以下, 二, 三の特別の場合を考える.

(1). 巻回間相互誘導を考慮せず, かつ中性点直接接地の場合

この場合, (VII. 4) 式は

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

となり, (VII. 5) 式は

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

となる. 茲に  $L$  は巻線の単位長當りの自己誘導係数である. (VII. 1), (VII. 2), (VII. 3), (VII. 4'), (VII. 5') 及び (VII. 6) の諸式に  $D \rightarrow \lambda$  変換を施せば次の諸関係が得られる.

微分方程式:  $0 < x < 1$  において

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

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

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

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

境界条件:

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

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

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

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

が導かれる. ただし



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

(Ⅶ. 13) 式を境界条件を考慮して解けば

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

となる、しかるに

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

であるから、巻線上の電位分布  $e(t, x)$  は

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

となる、茲に

$$\begin{aligned} \alpha &= \sqrt{\frac{C}{K}}, \quad \beta = \sqrt{\frac{rG}{1 + gr}}, \quad \delta_n = \frac{1}{2} \left\{ \frac{r}{L} + \frac{G + gn^2\pi^2}{K(\alpha^2 + n^2\pi^2)} \right\}, \\ \omega_n q_n &= \delta_n + \frac{(G - \alpha^2 g)(\beta^2 + n^2\pi^2)}{K(\alpha^2 - \beta^2)(\alpha^2 + n^2\pi^2)}, \quad \delta_n^2 + \omega_n^2 = \frac{1 + gr}{KL} \frac{\beta^2 + n^2\pi^2}{\alpha^2 + n^2\pi^2}, \end{aligned}$$

従つて

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

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、

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

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

の如くなる。

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

先ず (VII. 7) 式及び (VII. 14) 式より

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

が得られるから、

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

となる。しかるに

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

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

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

となるが、こゝにおいて

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

なる関係を利用して計算を実行すれば

$$\begin{aligned}
 i_1(t, x) = & \sqrt{CK} E(+0) \frac{\cosh \alpha x}{\sinh \alpha} p \cdot 1 + K\beta \frac{\cosh \beta x}{\sinh \beta} E'(t) \\
 & + 2E(+0) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-)^n n^2 \pi^2 \cos n\pi x}{\omega_n L (\alpha^2 + n^2 \pi^2)^2} \varepsilon^{-\delta_n t} \cdot \\
 & \cdot \left\{ \omega_n L (G - \alpha^2 g) \cos \omega_n t - \left( \alpha^2 - (r - \delta_n L) (G - \alpha^2 g) \right) \sin \omega_n t \right\} \\
 & + 2(C - \beta^2 K) \frac{d}{dt} \left( \int_0^t E' (t - \tau) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-)^n n^2 \pi^2 \cos n\pi x}{(\alpha^2 + n^2 \pi^2)(\beta^2 + n^2 \pi^2)} \varepsilon^{-\delta_n \tau} \cdot \right. \\
 & \left. \cdot (\cos \omega_n \tau + q_n \sin \omega_n \tau) d\tau \right), \quad \left( \begin{array}{l} t \geq +0, \\ 0 < x < 1 \end{array} \right) \dots\dots\dots (\text{VII. 21})
 \end{aligned}$$

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。

従来演算子法における計算では、このよう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った爲であろう。

(2). 巻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

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

なる故、中性點接地の場合と同様にして

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

となるから、巻線上の電位分布  $e(t, x)$  は

$$\begin{aligned}
 e(t, x) = & \frac{\cosh \beta x}{\cosh \beta} E(t) + 2(\alpha^2 - \beta^2) \frac{d}{dt} \left( \int_0^t E(t - \tau) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-)^{n-1} m\pi \cos m\pi x}{(\alpha^2 + m^2 \pi^2)(\beta^2 + m^2 \pi^2)} \varepsilon^{-\delta_m \tau} \cdot \right. \\
 & \left. \cdot (\cos \omega_m \tau + q_m \sin \omega_m \tau) d\tau \right), \quad \left( \begin{array}{l} t \geq +0, \\ 0 < x < 1 \end{array} \right) \dots\dots\dots (\text{VII. 24})
 \end{aligned}$$

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



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

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

となる。

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

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

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

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

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

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

の如くに得られる。これより  $E(+0) \neq 0$  ならば  $x=0$  以外の点においては、 $i_1(t, x)$  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). 巻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>

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

るな形に表わされる。こゝに  $L$  は全巻線の實効誘導、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容し得るに充分なる深さである。

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

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

となるが、これを  $x$  について二回微分すると

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

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

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

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、

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

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

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

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

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獨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するべき境界条件として (Ⅶ. 30) - { $\xi \times$  (Ⅶ. 31)} 及び (Ⅶ. 32) + { $\xi \times$  (Ⅶ. 33)} をとることとする。

すなわち

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

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

である。

(つゞく)

## 「三菱電機」購読料改訂のお知らせ

毎度御愛讀いたゞいております當社發行 技術研究雜誌「三菱電機」は昭和 25 年度 Vol. 24 No. 1 より A 4 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續き御愛讀のほど願上ます。

定 價 1 部 30 圓 送料 6 圓

なお購読料は整理の都合上半年または 1 ケ年前金に下記宛御送附下さるよう願致します。

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 總 目 次

	頁
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
イグナイトロン整流器の點弧回路：竹 内	14
エナメル銅線の試験結果について：野 口	25
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
ハネカムコイルの自己容量：北 垣	40
シリカゲルの吸収能：白 井	43
AD 型車輛用電氣式速度計 岡 本	46
第 3 號 最近の大型變壓器について：田 宮	49
25,000 KVA 中性點絕緣低下變壓器の衝擊電壓試験：村 上	57
柱 上 變 壓 器：內 田	68
EV 型デアイオン避雷器：大 木	75
第 4 號 絕緣ワニスの内部乾燥と絕緣抵抗：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
半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：尾 島	103
電 熱 線 の 近 況：田 村	107
運轉中における變壓器の絕緣油濾過：原 崎	115
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(第 2 報)濕潤による熱傳導率の變化：尾 島	145
代用フィツシュ紙について：尾 島	153
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
粒度分布測定法に關する一試案：山 下	170
自動射出成型機用制御裝置：吉 野	176
オート三輪車用新型電製品	
BK 型イグニッションダイナモ, RK 型自動電壓調整器：宮 崎	183
冷媒中の水分と絕緣抵抗に關する實驗：大 野	189
Heaviside 演算子法に對する新しい考察とその電氣回路解析における應用(XVI)：菅 野	196
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とその電氣回路解析における應用(XVII)：菅 野	236
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：樫 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とその電氣回路解析における應用(XVIII)：菅 野	261



## 新製品紹介

### I 16型 三菱電気アイロン

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 堅牢優美で寿命が長く、メッキがよく、熱の伝導が極めて速く御家庭用として最も適当なものであります。

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

發熱線には 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。

形状は溫度分布と熱傳導をよくするよう 扁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 掲載内容

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 演算子法に對する新しい考察と  
その電氣回路解析における應用 (XVII)……………菅 野

#### 「三菱電機」 VOL. 24 NO. 1 内容豫定

搬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……………櫻 本  
プレス荷重計算に對する切欠應力の考慮……………藤 齋  
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」 VOL. 23 NO. 8

昭和 24 年 12 月 25 日 印刷

【禁 無 断 轉 載】

昭和 24 年 12 月 30 日 發行

定價 1 部 金 15 圓 (送料共)

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

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」編輯部

電話丸之内 3 8 4 4 (9)  
日本出版協會會員番號 B 213013