

三菱電機

昭和 15 年 7 月

第 16 卷

第 7 號



7

作圖解を利用せる可搬釣合試験機	187
套管分壓装置に就て	195
骸炭消火車索引用 10 吨電気機関車	200
直流高速度自動遮断器に就て	205
ダイクローム偏光板に就て	215

三菱電機

第十六卷

昭和十五年七月

第七號

作圖解を利用せる可搬釣合試験機

本店研究部 大 野 才 三

1. 緒 言

高速度回轉子に於て、動的釣合を正規運轉速度に於て精密に修正する事の肝要な事は今更言ふ迄もないが、近來次第に重量の大きい回轉子が現はれて來て、既設の釣合試験機を以てしては、或は重量、寸法の制限から、又時には回轉速度の制限から、釣合修正を満足に行ふ事の不可能な事が屢々經驗されるに至つた。之に對して、組立てられた機械自身の振動を測定して、釣合修正を行ふ事は勿論以前から行はれてゐたのであるが、或は測定裝置の精密度の不足、測定量より修正重量を導く方法の不便等の爲に、釣合試験機による程良好なる結果を得る事が出來ず、又時間も長くかかるのが普通とされてゐた。

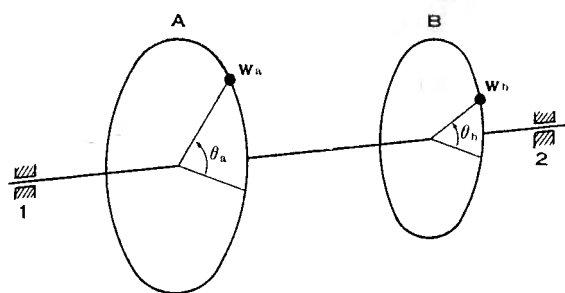
數年前、回轉子重量約 60 吨の調相機を製作するに當つて、釣合修正を更に迅速的確に行ひ、又必要に應じては据附後の再修正にも使用し得る様な、可搬型釣合修正裝置が要望されるに至つた。之より以前既に此種裝置の利用せられた事の記載があつたのであるが⁽¹⁾、裝置及操作が複雑で可搬裝置としては余り便利とも思はれなかつたので、筆者は修正重量の計算に作圖を利用し得る事に着目して、簡単な釣合修正裝置を製作試用の結果、相當な効果を擧げる事が出來た。此種釣合修正に作圖解を利用し得る事は、既に E. L. Thearle⁽²⁾ によつて示されてゐるが、こゝに述べる方法は、之とは異つて殆んど作圖のみによつて解を求める事が出來、又裝置全体として特徴と考へられる點もあるからその概要を茲に報告する。

2. 作圖解の方法

簡單の爲に、二つの軸受上で回轉する一個の剛体回轉子を考へる。然るときは、一般に回轉子の動的不平衡は

回轉軸に直角な二つの任意に擇ばれた面 A 及 B 内に於ける、一つ宛の不平衡量（質量の能率）で代表する事が出来る。この不平衡量の位置と大いさを知つて、これを取除く事が即釣合修正の操作であるが、その爲には、AB 二つの面内に於ける位置と大いさを知らねばならぬから合計 4 個の未知量がある事になる。通常の釣合試験機に於ては二つの軸承の中、一方に束縛を加へて、4 個の未知量を二つ宛求めて行くのであるが、機械自身の軸承上で回轉してゐる場合は勿論斯る事は許されない。

今この AB 二つの面内に於て代表された不平衡の位置と大いさを表はす爲に、任意の規準面からの角度 θ_a, θ_b 及質量 w_a, w_b を以てし、 w_a, w_b の軸からの距離 r_a, r_b は夫々任意に定つたものと考へて置く。この不平衡



第 1 圖

によつて發生する二つの軸承の振動に比例して變化する任意のベクトル量を、 E_1, E_2 とする。比例すると言ふのは、大いさが振幅に比例して變化し、位相が同じで變化するといふ意味である。例へば二つの軸承に設けられたビツク、アツプに發生する電壓を E_1, E_2 とする。然してこの E_1, E_2 が二つの不平衡量に對して線的な關係に

あるとする。即ち

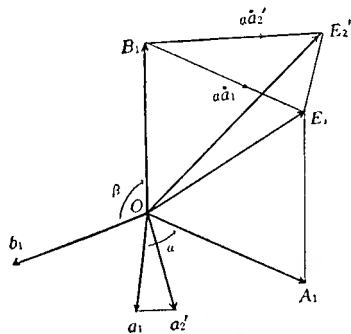
$$\left. \begin{aligned} \dot{E}_1 &= w_a \epsilon^{j\theta_a} \dot{a}_1 + w_b \epsilon^{j\theta_b} \dot{b}_1 \\ \dot{E}_2 &= w_a \epsilon^{j\theta_a} \dot{a}_2 + w_b \epsilon^{j\theta_b} \dot{b}_2 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

なる関係を假定する。この式中 $\dot{a}_1, \dot{a}_2$ は、夫々A面に於て $\theta_a=0$ の位置に単位量の不平衡のあつた場合、それによつて軸承1及2のピツク、アツプに発生する電圧を意味し、 $\dot{b}_1, \dot{b}_2$ は夫々B面に於て、 $\theta_b=0$ の位置に単位量の不平衡のある場合、それにより二個のピツク・アツプに発生する電圧である。言ふ迄もなく、 $w_a \epsilon^{j\theta_a} \dot{a}_1$ がA面の不平衡により、 $w_b \epsilon^{j\theta_b} \dot{b}_1$ がB面の不平衡により、夫々軸承1のピツクアツプに発生する電圧である。

之等の $\dot{a}_1, \dot{a}_2, \dot{b}_1, \dot{b}_2$ は其定義から明らかに、今取扱つてゐる回轉子、軸承、ピツクアツプ、測定装置、回轉速度等により定まる常數であるが、實際は實驗的に容易に決定する事が出来る。例へば、今回轉子の不釣合の儘更にA面の $\theta_a=0$ なる位置に、単位量の不平衡を添加した場合に、 $\dot{E}_1$ が $\dot{E}'_1$ に、 $\dot{E}_2$ が $\dot{E}'_2$ になつたとすれば、明らかに $\dot{a}_1 = \dot{E}'_1 - \dot{E}_1, \dot{a}_2 = \dot{E}'_2 - \dot{E}_2$ でベクトル圖の上で、直に求める事が出来る。

勿論任意の既知不平衡量を、任意の位置に添加した場合の $\dot{E}_1, \dot{E}_2$ の變化からも、容易にベクトル作圖で $\dot{a}_1, \dot{a}_2$ を決定する事が出来る。 $\dot{b}_1, \dot{b}_2$ に就ても同様であるから吾々は $\dot{a}_1, \dot{a}_2, \dot{b}_1, \dot{b}_2$ を既知常數とし、 $\dot{E}_1, \dot{E}_2$ なる測定量から、上式を満足する二つのオペレーター $\alpha = w_a \epsilon^{j\theta_a}, \beta = w_b \epsilon^{j\theta_b}$ を求めれば良い事になる。

作圖解を行ふのに、六本のベクトル $\dot{E}_1, \dot{E}_2, \dot{a}_1, \dot{a}_2, \dot{b}_1, \dot{b}_2$ を取扱つてゐると厄介であるが、 $\lambda \dot{b}_2 = \dot{b}_1$ なるオペレーター λ を導入し、この λ を $\dot{a}_2, \dot{E}_2$ にオペレイトして $\lambda \dot{a}_2 = \dot{a}'_2, \lambda \dot{E}_2 = \dot{E}'_2$ なる新しいベクトルに變換すると、ベクトルが五本になつて容易に作圖を行ふ事が出来る。



第 2 圖

即斯く變換されたベクトルが、第2圖の如き圖形を作つたとすると、 $\dot{E}_1 \dot{E}'_2$ を底邊とし、 $\Delta O a_1 a'_2$ に相似な三角形を、 $\dot{E}_1 \dot{E}'_2$ が $\dot{a}_1 \dot{a}'_2$ に對應する様に作圖する。この頂點を B_1, OB_1 と共に $\dot{OE}_1$ を合成する他邊を $\dot{OA}_1$ とすれば、 $\dot{OA}_1$ を $\dot{OA}_1$ に變換するオペレーターが即ち所要の α であり、 $\dot{OB}_1$ を $\dot{OB}_1$ に變換するオペレーターが、即ち β である。證明は圖より明かに

$$\dot{OA}_1 + \dot{OB}_1 = \dot{E}_1$$

$$\text{即 } \alpha \dot{a}_1 + \beta \dot{b}_1 = \dot{E}_1$$

$$\text{であり 且つ } \dot{OB}_1 + \dot{B}_1 \dot{E}'_2 = \dot{E}'_2$$

$$\text{即 } \beta \dot{b}_1 + \alpha \dot{a}'_2 = \dot{E}'_2$$

$$\beta \lambda \dot{b}_2 + \alpha \lambda \dot{a}_2 = \lambda \dot{E}_2$$

$$\beta \dot{b}_2 + \alpha \dot{a}_2 = \dot{E}_2$$

即、 $\alpha \beta$ が所要のオペレーターなる事が分る。言ふ迄もなくこのオペレーターの倍率が不平衡量の大きさを與へ回轉角がその位置を指示する。

以上に於ては最も簡単に、二つの修正面に獨立に添加された不平衡によつて二つの軸承に生ずる振動の變化から $\dot{a}_1, \dot{a}_2, \dot{b}_1, \dot{b}_2$ を求めて作圖解を行ひ、不平衡の位置と大きさを決定する事を述べた。二つの軸承が同じ程度動き易く、且つ一方の修正面の不平衡量が、其に近い軸承に大きい影響を與へ、反對側には比較的小さい影響を與へると言ふ様な、普通の場合には、この方法で例へ $\dot{a}_1, \dot{a}_2$ 等の決定に多少の誤差があつても、修正後に残つた振動に對して更に作圖解を行ひ修正を繰返して行けば二三回後には充分満足すべき結果を得る事が出来る。

實際にはこの方法の儘を實行したのでは、誤差の影響が大きく表はれて、正しい修正を行ひ難い場合が時として起る。 $\dot{a}_1, \dot{a}_2$ 等のベクトルを充分正確に決定する事が出来れば、問題はないのであるが、實際上は不平衡の有様を根本的に變化する程大きい試し重量を添加する事の困難な場合が多く、随つて之等のベクトルは、二本の大きなベクトルの差の小さな量として測定されるのが大型回轉子に於ては寧ろ普通で、随つて、 $\dot{E}_1, \dot{E}_2$ 等の測定値に於けるよりも大きな割合で誤差を含んで来る。随つて例へば作圖解の結果得られた $\dot{OA}_1, \dot{OB}_1$ なるベクトルが、殆んど正反對を向いてゐて、その大きさも略相等しく、その二つの大きなベクトルの合成として、小さな $\dot{E}_1$ を作つてゐるといふ様な場合は、この誤差の影響が非常に大きく表はれて、正しい修正量を與へ難いので

ある。この様な場合は、 $\dot{a}_1, \dot{a}_2, \dot{b}_1, \dot{b}_2$ 等を個々に決定するよりも、之等の適当な組合せ、例へば $\dot{s}_1 = \dot{a}_1 + \dot{b}_1$, $\dot{s}_2 = \dot{a}_2 + \dot{b}_2$, 又は $\dot{c}_1 = \dot{a}_1 - \dot{b}_1$, $\dot{c}_2 = \dot{a}_2 - \dot{b}_2$ 等の如きを実測し之等同志、又は之と $\dot{a}_1, \dot{a}_2$ 又は $\dot{b}_1, \dot{b}_2$ とを単位ベクトルとして上記の作圖解を行ふ等の工夫をすれば比較的容易に正しい修正に到達する事が出来るのである。

又(1)式が厳密に成立すると考へられる場合は寧ろ稀であつて、例へば通常の二極の回轉子では、極方向とそれに直角の方向とでは剛性が異なるから、極方向につけられた質量とそれに直角な方向につけられた質量とは、軸に與へる變形が異なり、随つて同等の影響を與へるとは考へられない。然し實際上は漸次近似を進める意味でこの方法で數回修正を繰返せば、多くの場合充分釣合良好な回轉子を得る事が出来る。

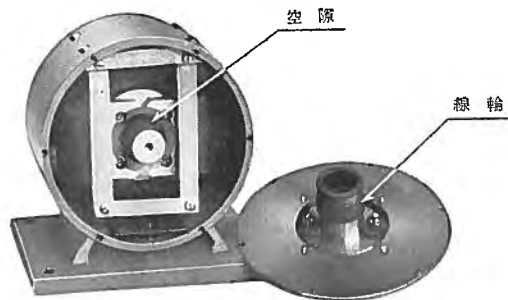
3. 装置の概要

試作装置は、通常の釣合試験機には取付け難い様な、大型回轉子を主要な目的物として製作せられた。通常の釣合試験機によるを便とする様な小型回轉子に對しても上述の方法を應用出来る事は勿論であるが、これ等に對しては今日では更に便利な方法、装置が考へられてゐる既に述べた様に測定すべき量は、軸承の振動の振幅並に位相に比例する量である。試作装置では、軸承にとりつけた動電型のピツク・アップに發生する電壓と、位相を測定することとし、増幅器の感度變化や否直線的歪等を顧慮しなくても良い様に、すべて零位法に依る事とした其爲に回轉子の軸にピツク・アップと同程度の電壓を發生し得る可變位相の交流發電機を直結して、これをピツク・アップの電壓に加へて、その電壓が零になる場合の發電機の界磁電流値並に界磁線輪の角度を以て軸承の振動を表はす事とした。而して電壓の零は、増幅器の終段に於けるマデツアイ真空管 6E5 の螢光像の振れにより之を檢視するのである。

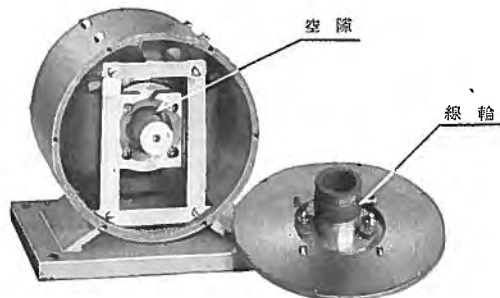
i) ピツク・アップ

大型回轉機の試験運轉等に際しては附近に固定點を得る事は困難であるから、ピツク・アップは地震計の原理により、永久磁石を長週期の振子になる様に吊し、その磁石の空隙中に線輪が配設せられたものである。線輪が軸承と共に振動し磁石が不動點として作用するのである

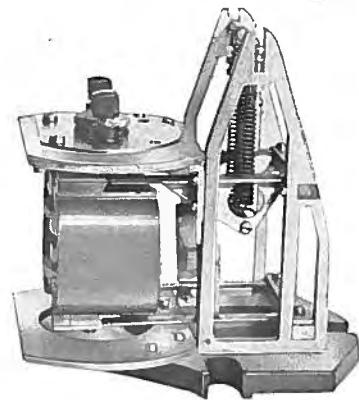
試作したものは、第 3, 4, 5 圖に示す様なもので、磁



第 3 圖



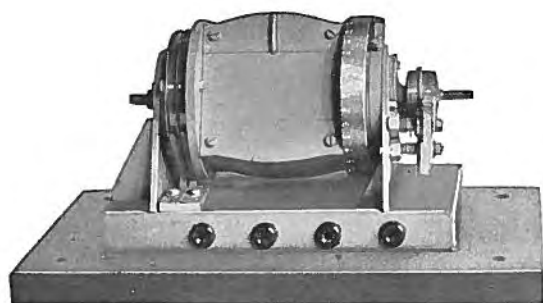
第 4 圖



第 5 圖

路中二ヶ所に輪形空隙があり、其各々に捲數の違つた線輪を入れて、感度を適宜に調節するに便が計つてある。又外部からの交流磁場による誘導電壓が大きいときは、二つの同一捲數の線輪を使用して之を直列につなぎ、外部からの誘導を打消す事が出来る。高感度のものは 600 r.p.m. 1μ の振動に於て、約 2.5 mV の電壓を發生する様にしているが、この程度の感度を必要とする場合は稀である。

寫眞第 3 圖は一般用のもので、固有週期約 0.3 秒、寫眞第 4 圖は特に水車發電機用に作られたもので逆振子に



第 6 圖

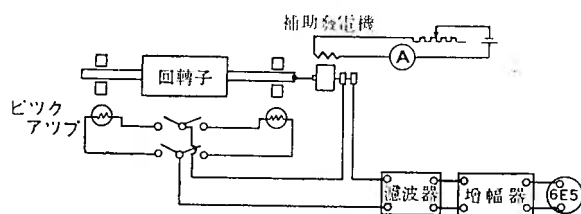
なっており、週期 0.6 秒、写真第 5 圖は垂直振動用のもので、低速度にも使用し得る様週期 0.4 秒になつてゐる

ii) 補助發電機

写真第 6 圖に示すもので、界磁電流値と發生電壓とが完全に正比例する様に、無鐵心の界磁線輪を使用してゐる。大体ヘルムホルツコイルの配置をなした一對の線輪の中央に直徑 20 耗程度の小回轉子が配置されたもので界磁電流最大 2 amp に對して 600 Rpm に於て約 30 mV を發生する。外界からの磁場の影響があるから余り小さな界磁電流で使用する事は面白くなく、随つて小さな電壓の必要の際は分壓器を使用する様にしてある外部からの磁場が非常に大きく、數ガウスを超へる様な場所を使用する場合は、勿論之丈では充分でなく、補償用の回轉子を直結する必要が考へられるのであるが、今迄のところその必要には迫られなかつた。

iii) 増幅器

6K7 二段 6E5 の低周波増幅器で別に變つた點もないが、ビツク・アツプ電壓の含む高調波を除去する爲に濾波回路を通す要があり、随つて上記補助發電機は必ずしも正弦波發電機たる事を必要としない。結局全体の結線は第 7 圖の如くなる。言ふ迄もなく、6E5 の影像の振れが靜止する様に補助發電機の界磁線輪を回轉し且つ



第 7 圖

その電流値を調整して、その電流値と界磁線輪の位置を示す角度とが $\vec{E}_1, \vec{E}_2$ なるベクトルを與へるのである。濾波器、増幅器等の代りに、振動檢流計の如きものを使用する事も考へられるのであるが、振動激しき場所を使用する事が多い事を考へてこの方を探つた。

4. 二 三 の 實 例

釣合修正の理論は、上に述べたところで盡きてゐるのであるが、實際に當つては測定の誤差を外にしても、軸の撓み、方向による剛性の相違等の爲に、(1) 式の嚴密に成立せぬと考へられる事が屢々あるし、又可撓接手によつて結合せられた回轉子に於ては、接手に於ける噛み合せ工合が變化し、その爲に振動が變化して、釣合修正を困難ならしめた實例もある。特に臨界速度を超えて運轉せられる高速回轉子に於ては、正規運轉速度に於ける振動を小にするのみでなく、臨界速度に於ける振動をも考慮せねばならず、修正重量を附加する位置の選擇に注意を要するのであるが、今はこれ等の問題に立入らず單に釣合修正方法説明の補足として二三の實例を記す。

第 1 例 30,000 kVA, 600 R.P.M. 調相機、工場試験

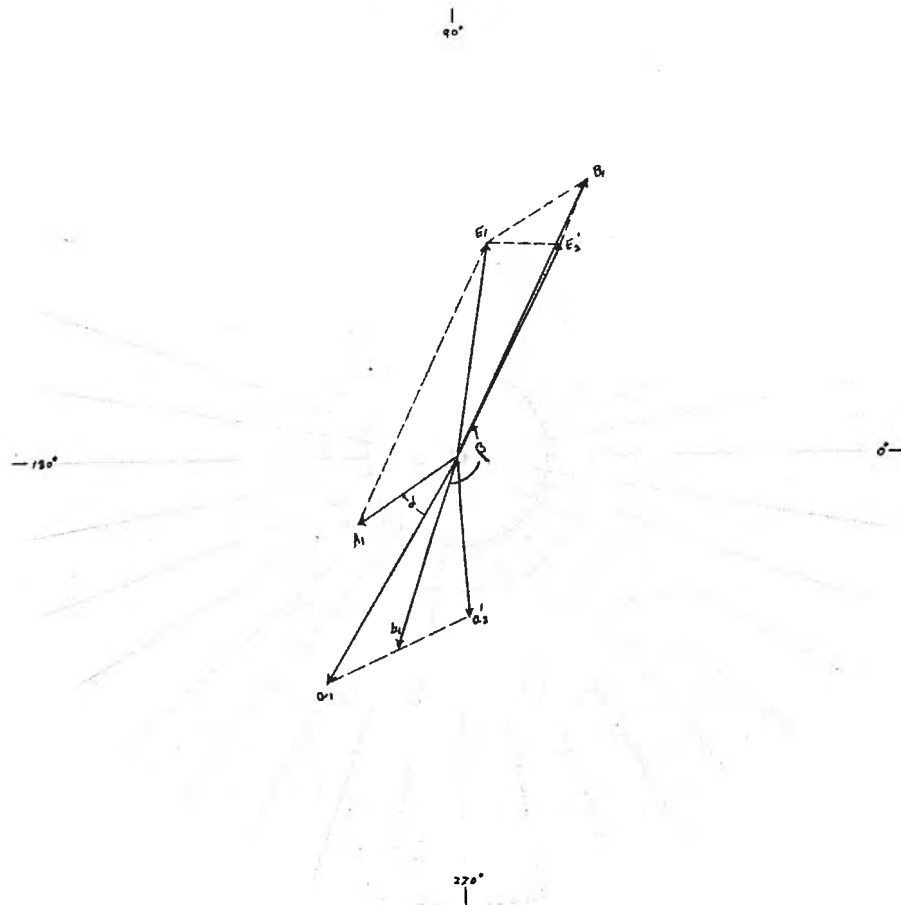
- (1) 最初の狀態 $\begin{cases} E_1 = 24 & (81.5^\circ) \\ E_2 = 33 & (235^\circ) \end{cases}$
- (2) $w_a = 12.3 \text{ kg } 0^\circ$ (A 面 0 の位置に 12.3 kg の質量を附加した意味) $\begin{cases} E_1 = 17 & (198^\circ) \\ E_2 = 14 & (180.5^\circ) \end{cases}$
- (3) $w_b = 11.15 \text{ kg } 0^\circ$ $\begin{cases} E_1 = 5.4 & (148^\circ) \\ E_2 = 3.3 & (190^\circ) \end{cases}$

之の三回の測定からベクトル作圖で a_1, a_2 等を求めると 1 kg を單位として

$$\left. \begin{aligned} a_1 &= 2.85 & (236^\circ) & \quad b_1 &= 2.02 & (249^\circ) \\ a_2 &= 2.19 & (80^\circ) & \quad b_2 &= 2.73 & (59^\circ) \end{aligned} \right\} (1)$$

試し質量を違つた位置に附けてこの結果を確める。

- (4) $w_a = 11.15 \text{ kg } (72^\circ)$ $\begin{cases} E_1 = 26.8 & (0^\circ) \\ E_2 = 47.0 & (203.5^\circ) \end{cases}$
- (5) $w_b = 11.15 \text{ kg } (72^\circ)$ $\begin{cases} E_1 = 27.3 & (19^\circ) \\ E_2 = 43.5 & (187^\circ) \end{cases}$



第 8 圖

(1) (4) (5) から

$$\left. \begin{array}{l} a_1 = 3.00 \text{ (242°)} \quad b_1 = 2.45 \text{ (254°)} \\ a_2 = 2.28 \text{ (89°)} \quad b_2 = 2.9 \text{ (67°)} \end{array} \right\} \text{ (II)}$$

(I) (II) 二組の平均値をとつて

$$a_1 = 2.92 \text{ (239°)} \quad b_1 = 2.24 \text{ (251.5°)}$$

$$a_2 = 2.24 \text{ (84.5°)} \quad b_2 = 2.82 \text{ (63°)}$$

$\lambda b_2 = b_1$ なるオペレーター λ によつて a_2

E_2 を變換すると

$$a_2' = \lambda a_2 = 1.78 \text{ (273°)}$$

$$E_2' = \lambda E_2 = 26.2 \text{ (63.5°)}$$

となり、ベクトル圖は第 8 圖の如くなる (圖では

a_1, b_1 等は 10 倍にしてある)。作圖の結果

$$A_1 = 13.5 \text{ (213°)}$$

$$B_1 = 34.3 \text{ (64°)}$$

随つて修正重量は

$$W_a = 4.62 \text{ kg (154°)}$$

$$W_b = 15.35 \text{ kg (353°)}$$

となる。修正の結果は

$$E_1 = 4.4 \text{ (187°)} \quad E_2 = 7.91 \text{ (18°)}$$

これに對して更に上記の a, a_2 等を使用し同様の作圖を行ひ、

$$W_a = 1.46 \text{ kg (38°)}$$

$$W_b = 2.75 \text{ kg (160°)}$$

を得、修正の結果は

$$E_1 = 2.14 \text{ (270°)} \quad E_2 = 2.52 \text{ (116°)}$$

となつた。之に對する修正量を求めると

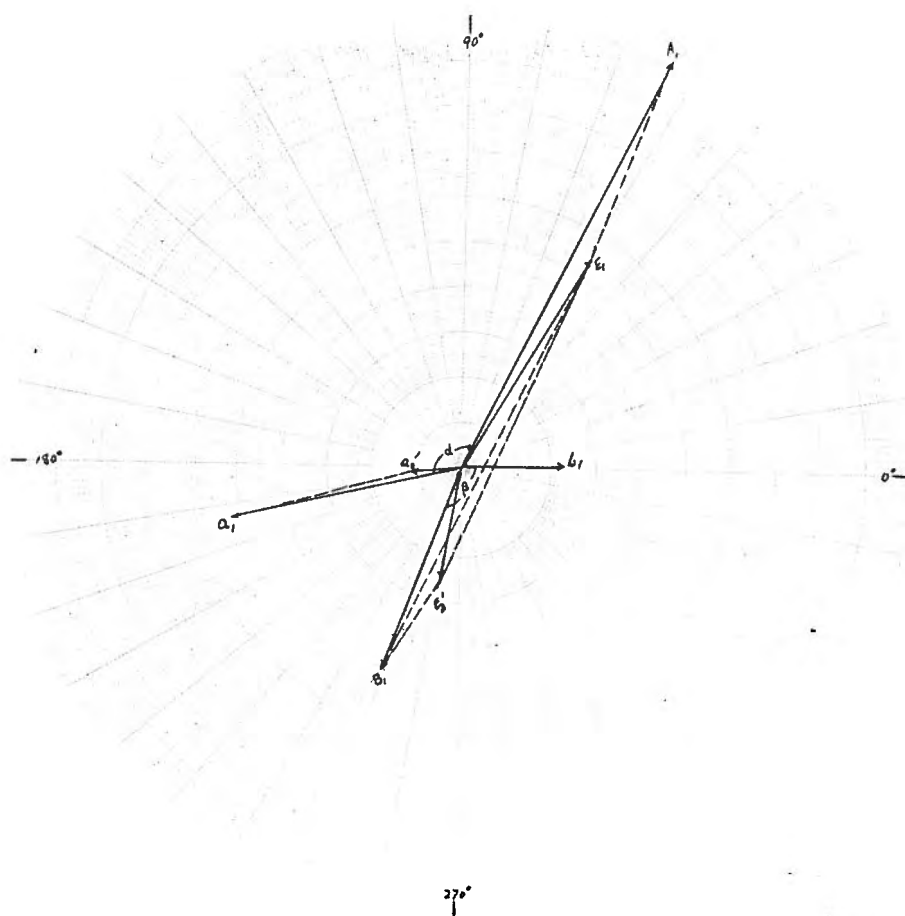
$$W_a = 0.7 \text{ kg (181°)}$$

$$W_b = 0.49 \text{ kg (267.5°)}$$

となる。實際この修正を行つた結果は大体所期の大きいベクトルを作つたのであるが、その方向が約 50° ずれを生じ、豫想通りの修正には到達しなかつたが、實用上は充分良好な釣合状態となつた。

三回の修正重量のベクトル和を求めて見ると、

$$W_a = 4.7 \text{ kg (142°)}$$



第 9 圖

$$W_b = 12.7 \text{ kg } (353^\circ)$$

となり、第一回修正に比し大体誤差の範囲内と考へられる。即ちこの場合は(1)式が成立してゐると考へて良いであらう。

第2例 62,500 kVA, 1800 R.P.M. タービン発電機回転子

臨界速度以下で併も撓みの起る事の豫想される場合である。この場合は組立中の試験で、タービンとは獨立に電動機から細長い軸を通して駆動して、修正を行つたものである。

(1) 無修正の状態

$$E_1 = 544 (174^\circ) \quad E_2 = 609 (44^\circ)$$

$$(2) \quad w_a = \begin{cases} 260 \text{ gr } 180^\circ \\ 465 \text{ gr } 225^\circ \end{cases}$$

$$E_1 = 410 (137^\circ) \quad E_2 = 482 (43^\circ)$$

(3) (2) の上に更に $w_a = 465 \text{ gr } 135^\circ$

$$E_1 = 169 (130^\circ) \quad E_2 = 460 (55.5^\circ)$$

単位重量を 100 gr にとれば

$$(1), (2) \text{ より } a_1 = 49 (195^\circ) \quad a_2 = 19 (17^\circ)$$

$$(2), (3) \text{ より } a_1 = 54 (192^\circ) \quad a_2 = 22 (15^\circ)$$

$$\text{平均値として } a_1 = 52 (193^\circ) \quad a_2 = 20.5 (16^\circ)$$

更に同様にB面に試しを行つて

$$b_1 = 22.3 (1^\circ) \quad b_2 = 41.6 (191^\circ)$$

を得た。併してこの際修正すべき振動ベクトルとして

$$E_1 = 270 (59^\circ) \quad E_2 = 252 (89.5^\circ)$$

を残してゐたのである。 λ による變換を行ふと

$$a_2' = 11.8 (186^\circ)$$

$$E_2' = 135 (259.5^\circ)$$

となり、 $a_1, a_2', E_1, E_2', b_1$ は第9圖の如くなる(a_1, b_1 等は5倍に作圖してある)。

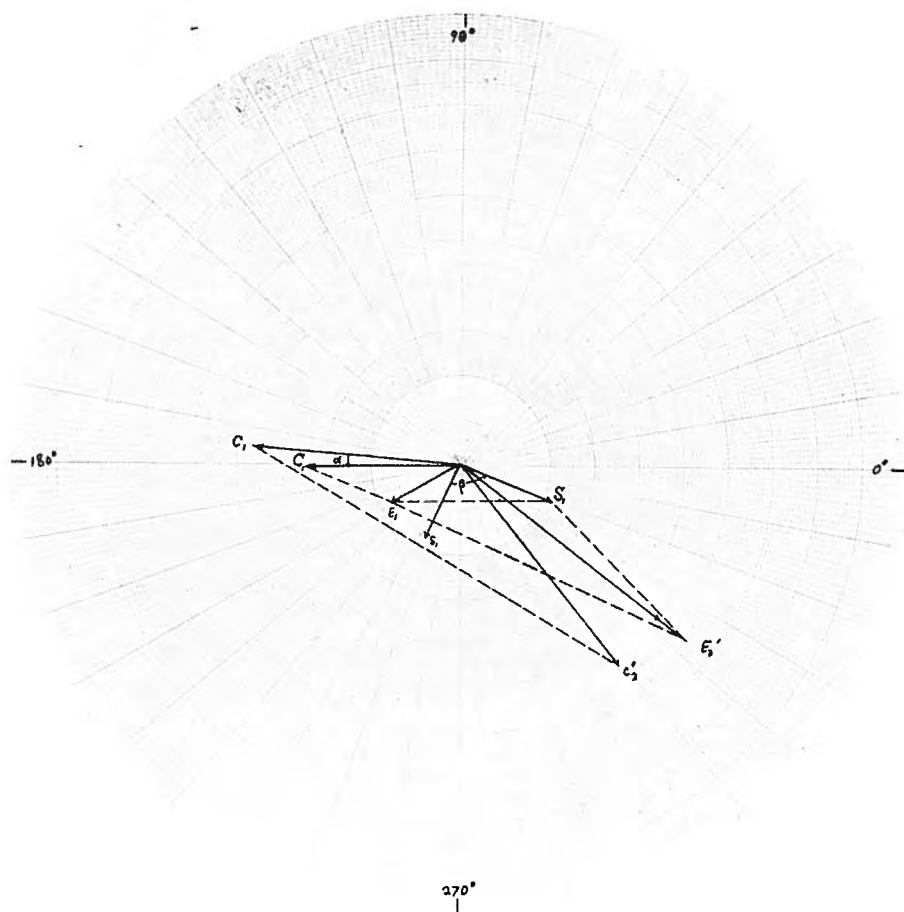
$$\text{作圖により } OA_1 = 505 (63^\circ)$$

$$OB_1 = 240 (248.5^\circ)$$

即現存の不平衡は

$$W_a = 970 \text{ gr } (230^\circ)$$

$$W_b = 1080 \text{ gr } (247.5^\circ)$$



第 10 圖

なる事を知る。

これに對して $W_a = 923 \text{ gr } (50^\circ)$, $W_b = 986 \text{ gr } (67.5^\circ)$ 丈の修正を行つた結果、 $E_1 = 145 (109^\circ)$, $E_2 = 90.5 (66^\circ)$ となり、之は豫期したよりも大きな振動を残したのであるが、之に對して更に同じ a_1, a_2, b_1, b_2 を用ひて作圖を行ひ、 $W_a = 452 \text{ gr } (85^\circ)$, $W_b = 448 \text{ gr } (79^\circ)$ を附加したところ、 $E_1 = 84.0 (121^\circ)$, $E_2 = 0$ となり、更に同様に第三回目の修正 $W_a = 292 \text{ gr } (126^\circ)$, $W_b = 176 \text{ gr } (133^\circ)$ を附加して、 $E_1 = 0$, $E_2 = 34 (185^\circ)$ となり修正を終了した。この場合附加した重量のベクトル和は

$$W_a = 1480 \text{ gr } 72^\circ$$

$$W_b = 1500 \text{ gr } 76^\circ$$

となり最初の計算値に比べると 50% 計りも相異なるのである。この原因として勿論 a_1, a_2, b_1, b_2 の測定誤差、回轉子の温度分布の變化等による平衡の變化等も考へるべきであるが、これらを見込んでも、尙この差は過大であると考へられるのであつて、原因の一半は (1) 式が

嚴密に成立しない爲であらうと考へられる。

第 3 例 62,500 kVA, 3000 R.P.M.

タービン發電機、現場試験

臨界速度以上であつて、純動的不釣合と、靜的不釣合に分析して修正の行はれた例であつて、 $s_1 = a_1 + b_1$, $s_2 = a_2 + b_2$, $c_1 = a_1 - b_1$, $c_2 = a_2 - b_2$ なる 4 個のベクトルを修正單位としてゐる。 w_s と言ふものは、二個の修正面 A. B. の同一角位置に同量の重量の付けられた事を意味し、 w_e と言ふのは A 面と B 面の附加重量の大いさは同じく、その角位置が 180° 異なる事を意味する。

(1) 最初の狀態

$$E_1 = 8.7 (209^\circ)$$

$$E_2 = 6.5 (318^\circ)$$

(2) $w_s = 790 \text{ gr } (229^\circ)$ (A, B 兩面とも 229° の位置に 790 gr を附加した意)

$$E_1 = 12 (188^\circ)$$

$$E_2 = 4.5 (320^\circ)$$

(3) (2) の上に $w_s=1400$ gr (232°)

$$E_1=20 \quad (144^\circ)$$

$$E_2=2.5 \quad (245^\circ)$$

(4) (2) の上に $w_s=168$ gr (178°)

$$E_1=12.5 \quad (127^\circ)$$

$$E_2=5.5 \quad (350^\circ)$$

次に c_1, c_2 を求める爲に (1) の状態に歸り

(5) $w_c=470$ gr (51°) (A面 51° の位置と B面 231° の位置に 470 gr を附けた意)

$$E_1=19 \quad 208^\circ$$

$$E_2=6.5 \quad 335^\circ$$

(6) $w_c=510$ gr (200°)

$$E_1=4.0 \quad 10^\circ$$

$$E_2=2.5 \quad 315^\circ$$

(7) $w_c=544$ gr (261°)

$$E_1=9.5 \quad 118^\circ$$

$$E_2=6.0 \quad 292^\circ$$

(1)-(2), (2)-(3), (2)-(4) より s_1, s_2 を (1)-(5), (1)-(6), (1)-(7) より c_1, c_2 を求め

平均すると

$$s_1=0.88 \quad (244^\circ) \quad c_1=2.32 \quad (175^\circ)$$

$$s_2=0.18 \quad (239^\circ) \quad c_2=0.58 \quad (304^\circ)$$

となり $\lambda s_2=s_1$ なる λ によつて變換せるベクトルを c_2' E_2' とすると第 10 圖の如きベクトル圖となり (c_1, c_2' 等は 10 倍に作圖してある)。

$$c_1=17.5 \quad (181^\circ) \quad s_1=10.7 \quad (338^\circ)$$

を得、随つて修正質量として

$$W_c=750 \text{ gr } (186^\circ) \quad W_s=1220 \text{ gr } (274^\circ)$$

を得る。この修正の結果は

$$(8) \quad E_1=4.8 \quad (46^\circ) \quad E_2=1.4 \quad (115^\circ)$$

となり、(1) とは殆んど正反對の不平衡を残した。これに對し、上記 s_1, s_2 等により更に修正を進めた結果

$$(9) \quad E_1=1.5 \quad (250^\circ) \quad E_2=1.9 \quad (230^\circ)$$

$$(10) \quad E_1=0.9 \quad (125^\circ) \quad E_2=0$$

の如く漸次正しい修正に近づく事が出来た。即、この場合の如く臨界速度を超えた回転子に於てもある一つの回転速度に於ける釣合を修正するのみなれば特に困難はないのであるが、實際上は臨界速度に於ける振動を過大ならしめない様にする爲に特別の注意を要するのである。

結 言

以上の實驗例によつて明らかな如く、この種釣合修正装置は剛体回転子は勿論、臨界速度を超えて運轉せられる高速回転子の釣合修正にも使用する事が出来、工場試験、現場試験の如何を問はず、二百回轉程度の低速度から四千回轉程度の高速度に至るまで、格別の困難なく應用する事が出来、精密度に於ても實用上充分と言ひ得る

尙上記實驗例は當社神戸製作所落合技師、同長崎製作所脇山、米野兩技師の厚意により、引用を許されたものであり、又裝置試作に當つては神戸製作所鈴木技師、桑村技手より多大の御援助を賜つた。茲に記して以て謝意を表する次第である。

文 献

1. Electric Jour. 32. P 371 (1935)
2. E. L. Thearle; Trans. ASME APM-56-19 (1934)

套管分壓装置に就て

神戸製作所 浅井 徳次郎

岡 嶋 英 一

緒 言

最近落成した鐵道省の信濃川送電線は其の重要性に基づき電力の輸送を圓滑不斷ならしめる爲め、高速度選擇保護繼電方式が採用せられ、送電線の各種故障は之を可及的迅速に選擇遮斷する様に計畫されてゐる。此處に使用せられてゐる保護繼電器は主として送電線を流れる故障電流のみに依つて選擇動作せしめ、特に繼電器に電壓要素を必要とする部分には套管分壓装置が利用せられた本送電線には種々の新規な試みがなされてゐるが、この套管分壓装置を利用した點も新しい試みの一つである。

従來は一般に計器及び繼電器類の電壓要素に電壓を供給するのに計器用變壓器を用ひて回路電壓を變壓してゐるが、回路電壓が高いものになるとその價格が急激に増加するを免れないので、變壓比や相差の誤差の許される限り今少し低廉な套管分壓装置を使用することは經濟上のみならず國策上より見ても當を得たるものと言へよう

信濃川送電系統中の第二及第四開閉所に納入せられた當社製 161 KV. 600A. 2,000,000 kVA. の油入遮斷器にはこの套管分壓装置が取付けられてゐることは、既に雑誌三菱電機、第 15 卷、第 10 號に於て述べた如くで、系統保全の一任務を果すべく無言の働きを續けてゐる次第である。

本項に於ては是れが構造と原理等に就いて記述して見たいと思ふ。

構 造

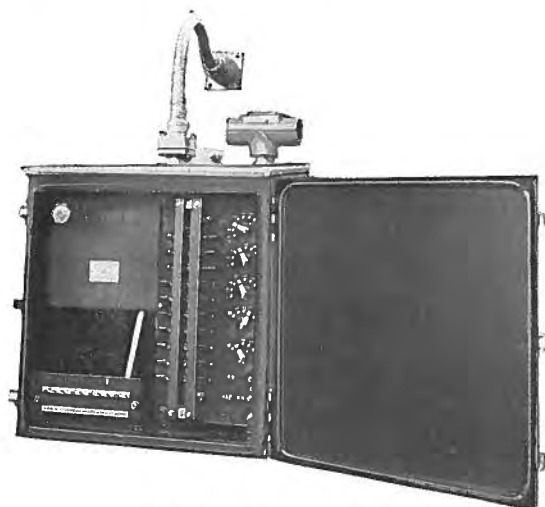
套管分壓装置は套管の靜電容量を利用して分壓器とする原理に基づき作られたもので、高壓計器用變壓器なしで計器や繼電器を動かせるための低電壓を取り得る装置である。之を構成してゐる部分品は低壓計器用變壓器、接地開閉器、密閉型放電器、リアクトル及び蓄電器等であるが、之等を組立てゝ一個の鐵箱に納めてある。

第 1 圖は本器を油入遮斷器の油槽側面に取付けたところで、第 2 圖はその擴大圖、第 3 圖は本装置の結線圖を示す。箱の上部より出てゐる導線は蓄電器型套管に設けたタップに接續するのであるが、そのタップは套管の蓄電器の接地側の第 1 層又は第 2 層から取出す。

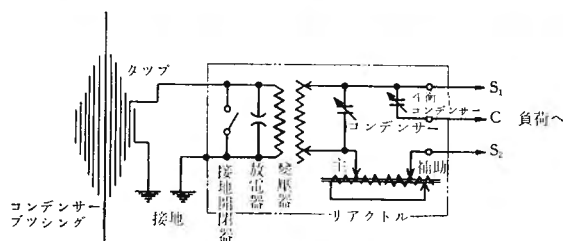
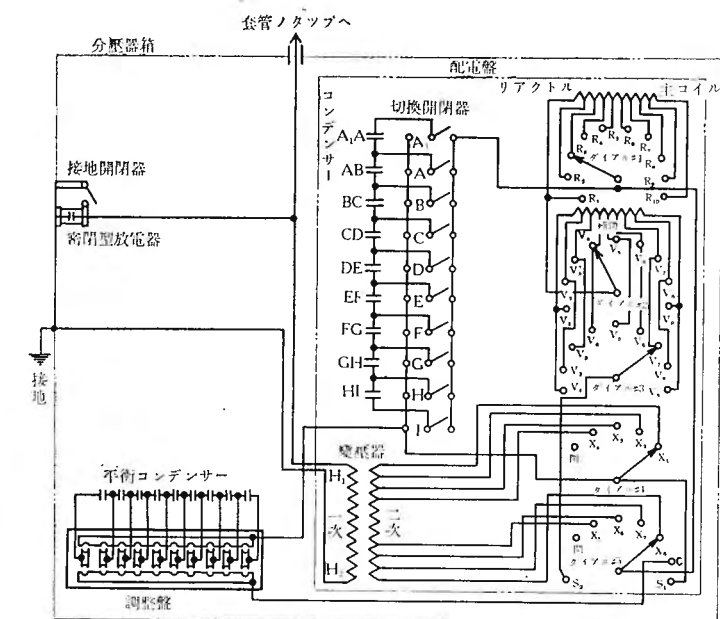
蓄電器型套管は衆知の如く、導体の周圍に絶縁物と金



第 1 圖 161 kV 油入遮斷器に取付けた分壓器



第 2 圖 套管分壓装置



第3圖 分壓装置結線圖

層箔とを交互に巻き付けて同心圓的に配置せられた蓄電器を形造つてゐる。その個々の蓄電器の静電容量は等しく設計してあるから各層には電圧が等分に掛かつてゐる。

此の層より引き出した層間電圧を小型の計器用變壓器に依つて適當に下げ、更に二次側に入れたリアクトルや蓄電器に依つて 63.5 V. 又は 110 V. の電圧で併も一次電圧と位相の合つた電圧を得るのである。

接地開閉器は平常は開いてあるが、閉じるとタップへの導線が箱内で接地せられる。

放電器は過負荷のためタップの電圧が上つて套管の絶縁を脅やかすに到れば忽ちに放電して之を保護する。又雷や開閉時の異常電圧による電圧上昇の場合にも放電して器具を守るものである。

變壓器の一次側の導線の中、地線の方は鐵箱を通して接地せられてゐる。變壓器の二次側、リアクトル、蓄電器等には總て調整用タップがあつて、その導線は何れも箱内の配電盤へ引いて來て切換開閉器やダイヤル開閉器

の端子に接続してあるから細かい調整が出来る而して負荷を接続するために3本の導線を此の盤から引き出せる様になつてゐる。

應用

套管分壓器には PB-1 型と PB-2 型との2種類がある。兩者の差は許容負荷と特性の點で、PB-2 型の方が高壓のタップから電圧を取つて居り、誤差も少く、多くの負荷を掛け得る。此の装置は變壓器や油入遮斷器の套管又は分壓器専用になつてゐる套管に取付けられ、回路電圧の指示、周波数の測定、同期検定及び繼電器用等に使用せられる。而して、それに加へ得る負荷は第1表に示す通りである。

第1表

電 壓 kV	負 荷	
	PB-1 型	PB-2 型
* 92	8 ワット	15 ワット
115	15 //	30 //
138	20 //	40 //
161	27 //	55 //
196	50 //	100 //
230	60 //	100 //

* 92 kV の場合は63.5Vの時のみ

過負荷の場合は力率が低いものであるが、かゝる場合には負荷に蓄電器を並列に入れて實効負荷を少なくすることが出来る。それでも尚負荷が大なる時は套管を2本並列に入れれば良い、斯くすれば負荷は2倍に出来る。但し之は遮斷器が開いてゐる時、並列になつた兩方の二次側が開路出来る場合に限る、さもなければ何れか一方に電圧が來てゐる場合之から他方に加電する事になる。此の装置は線と大地との間の電圧を示す様になつてゐるから、線間電圧を知るには之を2個直列に使用すれば良い。又一つの用途は遮斷器の兩側の套管に之を裝置して二系統を同期化する事である。

調整用負荷の決定

屢々、特定の計器や繼電器に此の分壓器を容易に調整して合せることが出来る場合がある、之は調整に使用せられた計器の影響や、分壓器が星形や三角形に接続せら

れた時二次負荷の分布に依るものである。

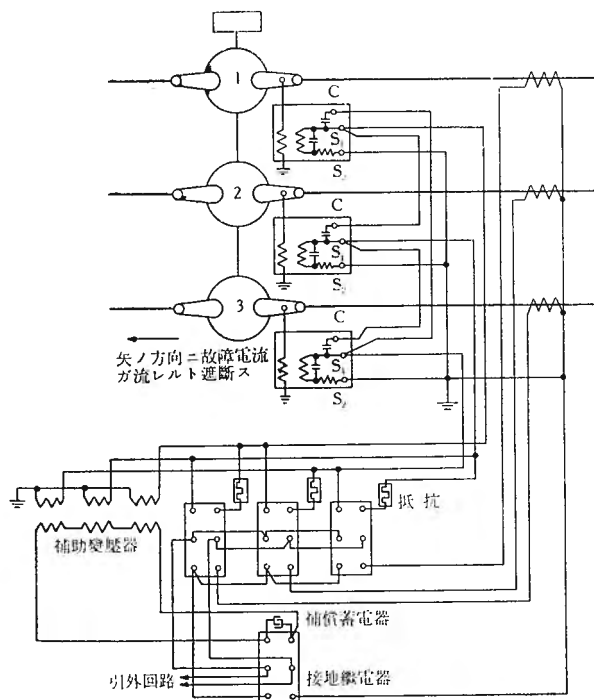
分圧器が各個の計器、例へば同期検定器や電圧計に電圧を與へる様な場合には分圧器の二次側に夫々の計器を接続して調整すれば良い。1 個の分圧器で電圧計と同期検定器とを交互に動かしたい時は電圧計を接続した場合は正確な電圧を、検定器を接続した時は正しい位相を得る様に調整を行ふ。電圧がある事を表示する爲めには $\frac{1}{2}$ ワット、110 V. のネオン燈を結線して置けば良い。

同一負荷に多くの分圧器が接続せられてゐる時は各々の分圧器を調整する爲めに固有の附加負荷を要する。此の附加負荷を決定する例を次に示す。

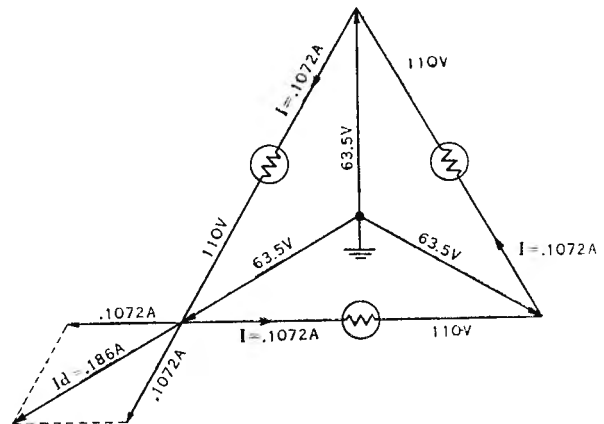
(實 例)

第4圖の如く電壓 110 kV. の回路にて3個の分圧器を使用して CR 繼電器3個に 90° の相差角を有する電圧を供給せんとする、繼電器には外部抵抗を有す。

分圧器は二次側に於て星形に結線し、繼電器は三角形に結線する、繼電器の負荷は電壓 110V. にて 15.2 VA. 力率は 78 % なりとす。第5圖に示すが如く1個の分圧器の負荷は電壓 63.5V. にて 15.2 VA. 力率 78 % である。特性を良くする爲め負荷の内誘導負荷を補償するには、箱内に設けられた蓄電器を使用する。PB-1 型の分圧器



第4圖 繼電器を 90° に接続



各相の負荷を 110 V に於て 11.8 VA, 100% P.F. とす。

$$I = \frac{11.8}{110} = 0.1072 \text{ A}$$

$$I_d = 1.73 \times I = 1.73 \times 0.1072 = 0.186 \text{ A}$$

$$e \text{ (分圧器電壓)} = \frac{E \text{ (相電壓)}}{1.73} = 63.5 \text{ V}$$

$$\text{分圧器1個の負荷 (} e \times I_d \text{)}$$

$$63.5 \times 0.186 = 11.8 \text{ VA, 100\% P.F. (63.5 V に於て)}$$

斯く分圧器1個の負荷は各相に負荷が等分せられてゐるならば 63.5 V に於ける VA は相間負荷の 110 V に於ける VA と同じ。

第5圖 分圧器に掛る負荷

の許容負荷は電壓 110 kV. 用のものは電壓 110 V. にて 15 VA. 力率 100 % である。それで實効負荷を減少する爲め第2表の如き計算に依り補償用蓄電器の容量を定める。

第2表

繼電器の負荷 VA (110V にて)	11.8 + j9.45
“ “ 實効部分	11.8 + j0
“ “ 無効部分	0 + j9.45
補償蓄電器容量	$\frac{VA \times 10^6}{E^2 \times 2\pi f} = \frac{9.45 \times 10^6}{110^2 \times 377} = 2.08 \text{ MFD}$

力率 100 % に於ける實効負荷は 11.8 VA である、それで之に合ふ様に第3表に示す如き計算に依つて調整用負荷を決定し、各分圧器の調整を行ふ。

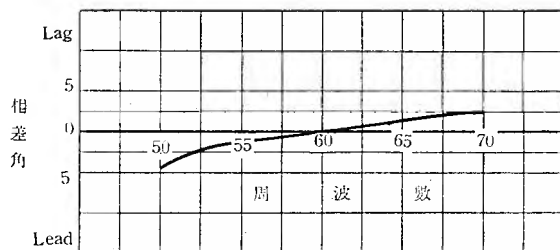
第3表 (63.5V)

位相計の負荷 (5.75 VA 力率 80.8 %)	4.65 + j3.39
蓄電器の容量 VA	0 - j3.39
並列に入れた抵抗 VA	7.15 + j0
調整用の負荷 VA	11.8 + j0
並列の抵抗	$\frac{E^2}{VA} = \frac{63.5^2}{7.15} = 563 \text{ オーム}$
並列の蓄電器	$\frac{VA \times 10^6}{E^2 \times 2\pi f} = \frac{3.39 \times 10^6}{63.5^2 \times 377} = 2.23 \text{ MFD}$

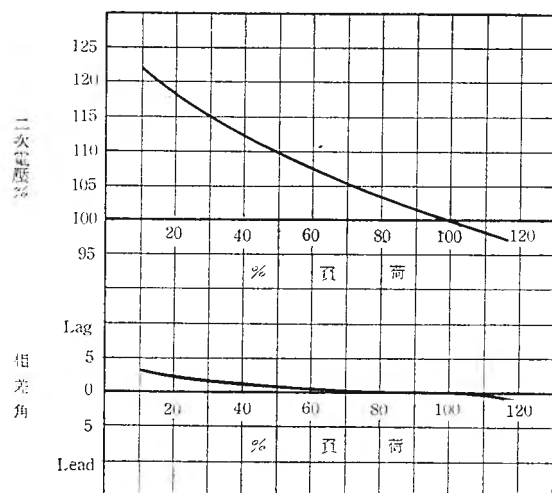
調整用の負荷は位相計の電圧要素、2.23 MFD の蓄電器、563 オームの抵抗等を總て並列に接続して作る、位相計の電流要素は正しき電圧に依つて勵磁する、而して分壓器を調整する。

特 性

套管分壓装置の特性は線路の周波數、電壓及び二次側の負荷に依つて變る。第6圖は之で同期檢定器の兩側を勵磁した時、周波數に依つて位相角が如何に變るかを表はしたものである。第7圖は負荷と二次電壓及び位相角との關係を示したもので、若し負荷が規定以上になると二次電壓は下り、套管の最後の層の電壓は上る、その時は放電器が働いて套管を保護する様になつてゐる。



第6圖 相差角と周波數



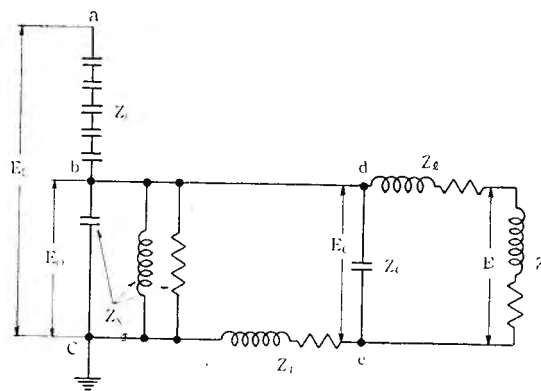
第7圖 PB-1型負荷特性

動作原理

諸て分壓装置の動作原理を説明する爲め等價接続圖を作ると第8圖の如くなる。

茲に

Z_T : 變壓器のイムピーダンス



第8圖 等價結線圖

Z_X : 套管の最終段のイムピーダンス及變壓器の磁化電流及損失電流に關するもの

Z_ℓ : 挿入リアクタンス

Z_C : 調整用コンデンサー

Z : 負荷

Z_b : 套管のタップより上の部分のイムピーダンス

Z_o : " " 下の部分の全イムピーダンス

E_L : 套管全体に掛かる電壓

E_o : 套管の最終段に掛かる電壓

E_c : 調整用蓄電器の兩端に掛かる電壓

E : 負荷に掛かる電壓

(a) d e より見たる負荷側のイムピーダンスを Z_{de} とせば

$$Z_{de} = \frac{Z_C(Z + Z_\ell)}{Z_C + Z + Z_\ell}$$

同様にして cd, bc, より見たるイムピーダンスを夫々 Z_{cd} , Z_{bc} とすれば

$$Z_{cd} = \frac{(Z + Z_\ell)(Z_T + Z_C) + Z_T Z_C}{Z_C + Z + Z_\ell}$$

$$Z_{bc} = \frac{Z_X \{ (Z_T + Z_C)(Z + Z_\ell) + Z_T Z_C \}}{Z_X(Z_C + Z + Z_\ell) + (Z_T + Z_C)(Z + Z_\ell) + Z_T Z_C}$$

然るに

$$\frac{E_c}{E} = \frac{Z + Z_\ell}{Z}$$

$$\frac{E_o}{E_c} = \frac{Z_{cd}}{Z_{de}} = \frac{(Z + Z_\ell)(Z_T + Z_C) + Z_T Z_C}{Z_C(Z + Z_\ell)}$$

故に

$$\frac{E_o}{E} = \frac{E_c}{E} \times \frac{E_o}{E_c} = \frac{(Z + Z_\ell)(Z_T + Z_C) + Z_T Z_C}{Z \cdot Z_C}$$

又

$$\frac{E_L}{E_o} = \left(\frac{Z_b}{Z_o} + 1 \right)$$

$$= \frac{Z_b \{ Z_X(Z_C + Z + Z_\ell) + (Z_T + Z_C)(Z + Z_\ell) + Z_T Z_C \}}{Z_X \{ (Z_T + Z_C)(Z + Z_\ell) + Z_T Z_C \}} + 1$$

$$= \frac{Z_b}{Z_X} + \frac{(Z_C + Z + Z_\ell) Z_b}{(Z + Z_\ell)(Z_T + Z_C) + Z_T Z_C} + 1 \dots \dots \dots (1)$$

故に

$$\frac{E_L}{E} = \frac{E_O}{E} \cdot \frac{E_L}{E_O}$$

$$= \frac{1}{Z \cdot Z_C} \left[Z_b Z_C + Z + Z_\ell + \{ (Z + Z_\ell)(Z_T + Z_C) + Z_T Z_C \} \left(\frac{Z_b}{Z_X} + 1 \right) \right]$$

となり、之が線と負荷電圧との比を表す式となる。

(b) 今假に $Z_T = 0$ $Z = 0$ と置けば (1) 式は

$$\frac{E_L}{E_O} = \frac{Z_b \{ Z_X(Z_C + Z_\ell) + Z_\ell Z_C \}}{Z_X Z_C Z_\ell} + 1$$

となる、然るに

$$\frac{Z_X(Z_C + Z_\ell) + Z_\ell Z_C}{Z_X Z_C Z_\ell} = \frac{1}{Z_X} + \frac{1}{Z_C} + \frac{1}{Z_\ell}$$

となり、若し抵抗を省略して

$$\frac{1}{Z_X} + \frac{1}{Z_C} + \frac{1}{Z_\ell} = 0 \quad \text{なる関係を得る時}$$

即ち共振せる時は (1) 式は

$$\frac{E_L}{E_O} = 1$$

となり、套管の最下段の蓄電器は回路電圧を受けるととなり危険である。

(c) 計算例

161 kV. の標準套管に就き上記各イミダダンスを調べると

$$\begin{aligned} Z_b &= j54920 & Z_C &= -j826 \\ Z_\ell &= 10.2 + j650 & Z_T &= 36 + j19 \text{ (假定)} \\ Z_X &= \text{變數} & Z &= \text{變數} \end{aligned}$$

となる。 $Z_\ell Z_C$ の値は變更可能である、即ち製作完了後、その結果を見て如何様にも調整出来る。

今之を上記通り一定して計算を行つた結果を第9圖に示す。水平軸に負荷を VA で、左縦軸に負荷電圧、右縦軸に套管の最終段に掛かる電圧をとる。

(1) の曲線は特性曲線で負荷の増加につれて負荷電圧が下降する状態を示す。

(2) の曲線は負荷の増加と共に套管の最終段に掛かる

電圧が上昇するを示し、非常に過負荷即ち負荷側を短絡すると回路のリアクトルと静電容量が共振して

$$E_O = E_L$$

となり、套管は破壊する。

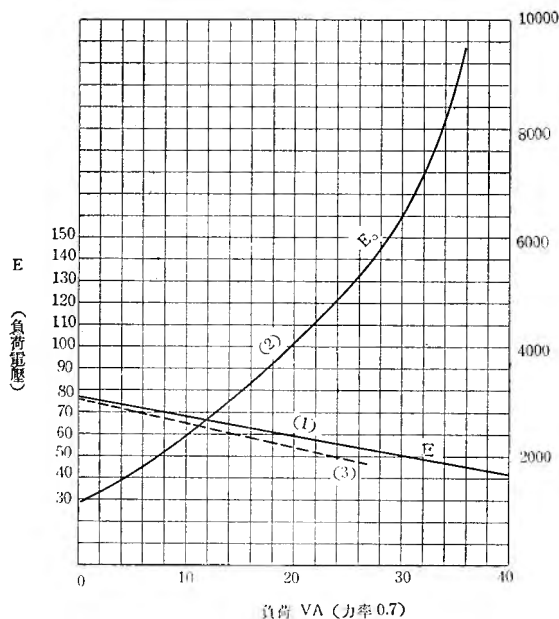
それで E_O の値を套管の許容範囲内に止める爲めには負荷の値も自から決定せられる、先に第1表に示した如く負荷に制限があるのは之が爲めである。

今假に Z_C を減少して

$$Z_C = -j800$$

に變化して曲線を求めて見ると (2) の曲線は幾分傾度が緩やかになり許容電圧範囲内にて掛け得る負荷は増すが、それに相當する E は (1) から (3) に變化する。即ち (3) の曲線は傾度が (1) の曲線よりも大で、レギュレーションの悪くなつたことを示してゐる。

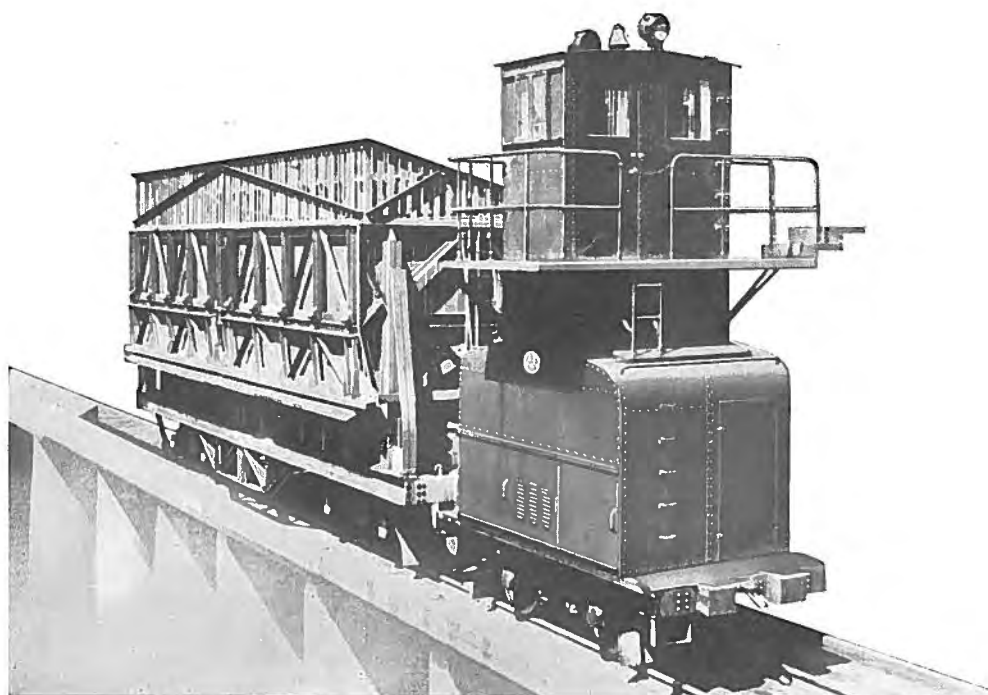
E^O (最終段に掛かる電圧)



第9圖 負荷に對する E 及 E^O 曲線

結 言

以上で套管分壓装置の構造と原理の概要を述べた次第であるが、送電容量の擴大に従ひ益々送電線の安定度確保を必要とせられる今日、本分壓装置の應用方面の擴張と活用を期待するものである。



第1圖 機 關 車 外 観

骸炭消火車牽引用10吨電氣機關車

神戸製作所 阿 草 春 躬

緒 言

曩に大阪瓦斯會社へ骸炭消火車牽引用5吨電氣機關車を納入目下好成績にて運轉されつゝあるが、今回更に同社へ同用途 10 吨電氣機關車を無事納入した。之により産業陣大阪の台所を承る同社の一作業を受持ち得た事は慶びに堪へない次第である。以下其特征並に構造概略について述べる事とする。

機 關 車 定 格

全 重 量	10,000 吨
車 輪 配 置	O-B-O
動 輪 輪 軸 數	2
1 時 間 定 格 容 量	40馬力/20馬力
1 時 間 定 格 牽 引 力	1,760 瓩
固 定 輪 軸 距	1,700 耗
全 長	4,700 耗
全 高 (車体屋根上面まで)	5,800 耗

全 幅 (車 体)	2,000 耗
動 輪 直 徑	760 耗
軌 間	1,067 耗
主 電 動 機 型 式 及 台 數	MS型全閉巻線回轉子型 3 相誘導電動機 1台 60 ~ 220V 10 極/20 極切換
齒 數 比	1 : 17.5
制 御 方 式	極切換二次短絡電磁接觸器式
電動空氣壓縮機	(M-25-K型)
電 動 機	MK型全閉籠形回轉子 3 相 誘 導 電 動 機 1/2 時間定格 15 馬力 60 ~ 220 V 6 極
壓 縮 機	空氣量 710 立毎分 調整壓力範圍 4.5~5.5 瓩每平方糎
制 動 方 式	手 動

機 關 車 概 要

1. 特 徴

機関車使用状況は本誌昭和 14 年 3 月号記載の 5 吨電気機関車のものと全く同様であるが、此用途に一層適せしむるため今回のものは主電動機の同一巻線使用による 10 極・20 極の切換を行ひ高、低二様の速度を得る設計として居る。

制御方式は電磁接觸器式を採用し、上記極数切換と相俟つ微細なる速度制御並に圓滑なる起動を行ふ事が出来如上の方式の採用により所要性能を充分満足せしむると同時に主電動機並に齒車装置の構造を最大限簡單になし得たものである。

又消火車扉開閉用の壓縮空気装置を備へ扉開閉操作を簡便ならしめて居る。

本機関車は中央車室型にして車体高さ 5,800 耗に達し正に記録的大いさのものであるが機関車重心には充分意を用ひ全く安全なる設計となつて居る。車体周圍に骸炭爐とほぼ同高の位置に廊下を設け、運轉室への出入を便にし且又此廊下と運轉室との兩方面より作業の充分なる監視をなす事が出来る。



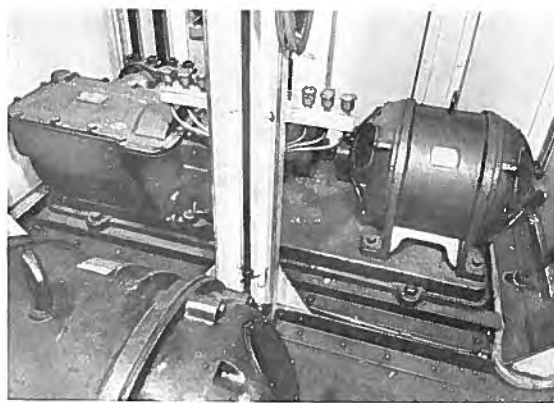
第 2 圖 運 轉 室

2. 機 器 配 置

運轉室一車体上部を運轉室とし、KL-22 型制御器、CL 型炭素氣中遮斷器、電燈用ヒネリ開閉器、空氣壓縮電動機用双型開閉器、ブレーキ把手、砂マキ把手、消火車扉開閉用四ツ道コック、笛弁、壓力計、電流計等直接運轉に必要な諸器具を最も適當なる位置に順序よく配置してある。(第 2 圖參照)

機 械 室 一運轉室下部並に兩幌部は機械室となつて居り、運轉室下部には MS 型主電動機、砂箱、空氣溜手提燈等を備へ兩幌部には M-25-K 型電動空氣壓縮機 RB-25-20 型主抵抗器、FL 型電磁接觸器盤、MP 型避雷器、CX 型塞流線輪、S-16 型壓力加減器等を備へ配線並に點檢に便なる如き配置としてある。(第 3 圖參照)

運轉室屋上一前照燈、= ユーホ= ツク笛、警鈴を備へて居る。



第 3 圖 機 械 室

機 械 部 分

車体、台枠—中央車室型で使用場所の關係上更に又作業監視の都合上、既述の如き大なる寸法のものとし、軌條面上約 3,800 耗以下の部分を機械室とし以上の部を運轉室として居る。前述の通り運轉室周圍には廊下を廻らし骸炭爐床面より運轉室への出入を便ならしめると同時に骸炭積込、消火、排出等の作業の充分なる監視をなし得る様になつて居る。

機械室兩側には機器を取出すに充分なる開戸を設け、此開戸の鑑窓は兩幌部のモーターと相俟つて機械室の通風を充分ならしめて居る。

軌條面よりも運轉室へ出入出来る様、別に車体外側に

踏段を備へて居る。

台枠は溝形鋼を組合せた堅牢なる設計としてある。之は機関車の基礎工事と稱すべきもので、本機関車の如きに於ては他のそれに比較して特に其強度を要求されるものである。

齒車装置—主電動機1台にて同時に2軸を駆動する方式となつて居り、且つ特に機関車の低速運転をなす爲更に又主電動機取付位置並に輪軸距離の関係上、齒車装置は3段落としし齒數比1:17.5を採用した。齒車は鍛鋼焼入のものとし、酷使に充分耐へ得る設計としてある。

制動装置—自動固定ネジ式で、運転室にて輪形把手を操作し制動を行ふものであるが、車体高さの関係上特殊機構の設計となつて居り、制動率約70%で充分なる制動力を與へるものである。

車輪並に制輪子の磨耗したる場合は張ネジにより機構を調整する。

砂撒装置—砂箱2ヶを備へ運転室に於て把手を操作

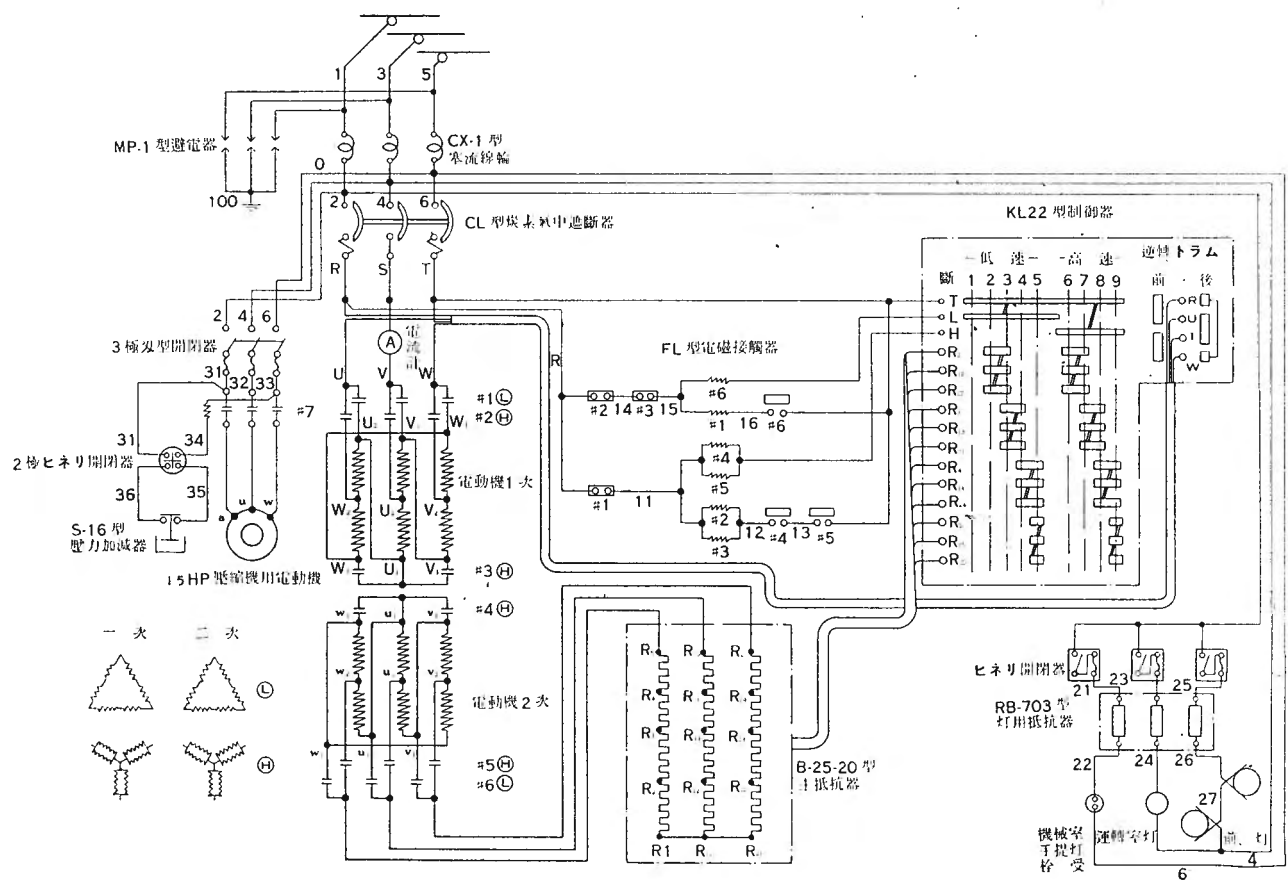
し、運転方向に應じて簡単に撒砂出来る構造となつて居り、砂の残量検査並に之の補充等すべて運転室にて行ふ事が出来る。

扉開閉用壓縮空氣裝置—本裝置は消火車扉開閉用の壓縮空氣を供給するものであり、扉開閉を手動にて行ふ方式に比し遙かに能率的なる事は申す迄もない。

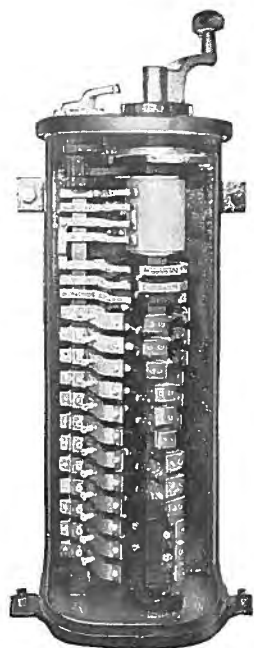
電動空氣壓縮機には容量710立毎分のM-25-K型を備へて居り、壓縮空氣の壓力範圍は4.5~5.5 疋毎平方糎とし、S-16型壓加減器にて切放、切込を司る。運転室には扉開閉操作に便なる特殊設計の四ツ道コックを備へて居り、本裝置に附隨して、ニユホニツクホーンを備へ警鐘と共に二様の警報をなす事が出来る様になつて居る。

電 氣 部 分

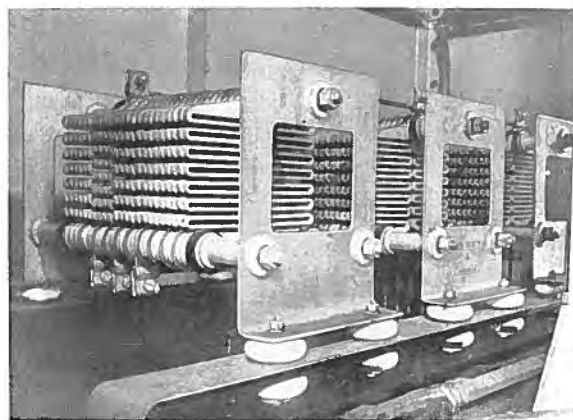
主電動機—MS型全閉捲線回轉子型 3相誘導電動機にして、同一巻線を使用して10極20極の切換を行ひ高速、低速の兩運転を行ふ。回轉子巻線、固定子巻線



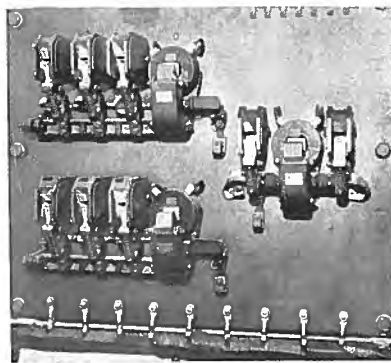
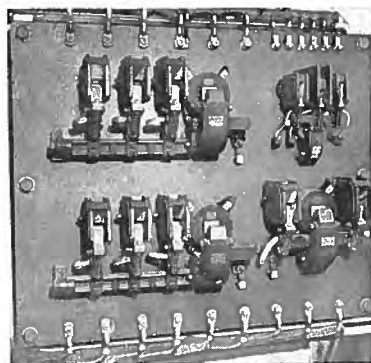
第4圖 接 續 圖



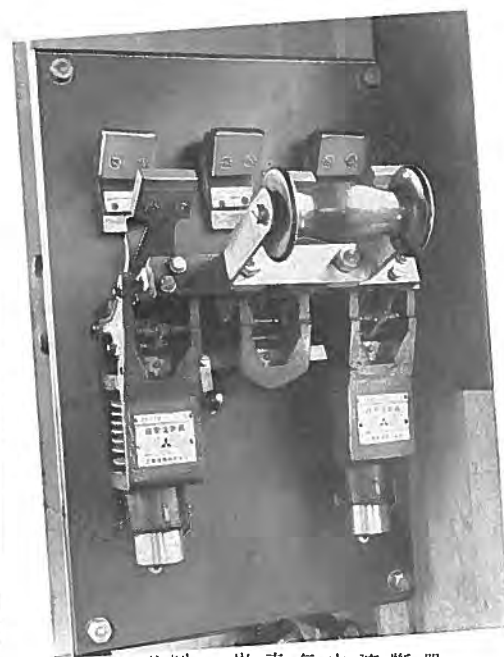
第5圖 制御器



第7圖 起動抵抗器



第6圖 電磁接觸器盤



第8圖 炭素氣中遮断器

は何れも可撓性に富み振動、濕氣等に充分耐へ得るものである。軸受装置の密封ベアリングは完全なる防塵型であり、油漏れ絶對になく、且又衝動、振動に充分耐へ普通の軸受に比較し數倍の耐久力を有して居る。

制御装置一極切換を行ふため制御方式は電磁接觸器式とし、起動並に低速部速度の細密制御はRB型抵抗器により行つて居る。(第4圖参照)

制御器はKL-22型にして、低速5ノッチ、高速4ノッチを備へて居り、一般に行はれて居る可逆式を排し主ドラム逆轉ドラムを設け以て輕快に操作し得る設計としてある。(第5圖参照)

極切換用電磁接觸器には聯動装置を備へ、絶對に10極、20極の接續が同時に行はれぬ設計となつて居り、本電磁接觸器の可動鐵心は所謂浮遊動鐵心を構成し、隈取線輪と相俟つて、振動、騒音殆んどなく其結果從來の固定取付可動鐵心型に比し遙かに壽命の長いものである。

(第6圖参照)

起動抵抗器には特殊鑄鐵製の格子型抵抗体を使用し、之に充分なる機械的強度を有せしめ、且又地氣との絶縁完全なる構造として居る。(第7圖参照)

運轉中に起る瞬時的過負荷其他電動機に有害なる過電流遮断のためにCL型炭素氣中遮断器を備へて居り、本

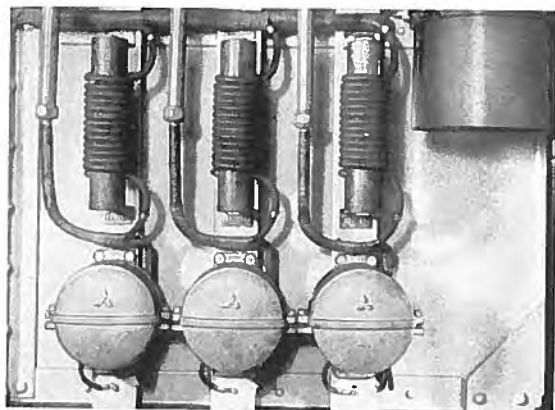
器の主接觸部は特殊の硬引銅帶と磷青銅とを積み重ねた刷子により構成せられ、長年月の使用に耐へるものである。主接觸部の外に補助接觸部が2段あり、之は時間的段階を有する移弧装置をなして居り、其第2段目には炭素片を用ひ電弧による消耗を最少ならしめて居る。

(第8圖参照)

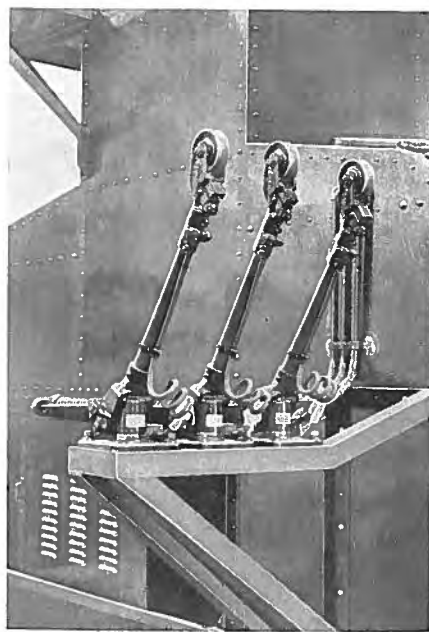
電動空氣壓縮機は壓力加減器により自動的に其切込切放を行ひ、之等回路は運轉室に設けた3極双型開閉器により必要に應じ電源より切放す事が出来る。

其他裝置—聚電裝置には特殊小型の MT-106-A 型

トロリーボールを使用して居り、ホキール部はスキャベ型とし架線に沿つて自由に運動し得る構造となつて居る。(第10圖参照)



第9圖 避 雷 装 置



第10圖 トロリーボール

避雷裝置として MP 型避雷器並に CX 型塞流線輪備をへて居り、何れも一般電車用標準型にして、機能の完全なものである。(第9圖参照)

主電動機回路には電流計を挿入してあり、之により主電動機の負荷状態を常に監視する事が出来る。

電燈裝置には前照燈、運轉室燈、機械室手提燈を設け何れも運轉室のヒネリ開閉器にて點滅を行ふ様になつて居る。

直流高速度自動遮断器に就て

神戸製作所 小路 誠 春

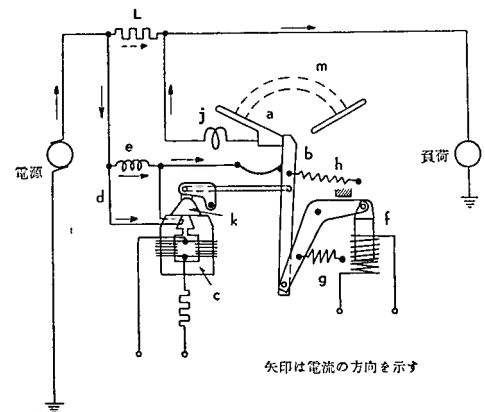
緒 言

回轉變流機、水銀整流器並に直流饋電線に於て、短絡故障電流より保護する目的に使用する處の直流高速度自動遮断器に於て、その構造、原理並に特性に就き全般に涉つて述べて見たいと思ふ。

構造及び原理の概要

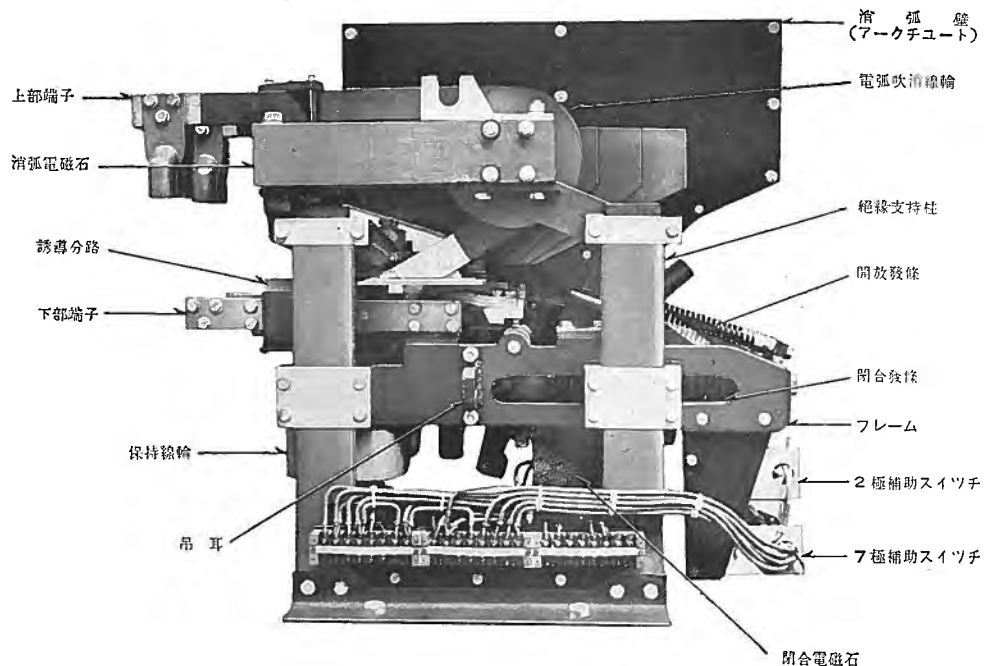
一組の固定接觸子及び可動接觸子を有し、可動接觸子を閉合状態に保持すべき保持電磁石、保持電磁石中を貫通するバツキングバー (Backing bar)、バツキングバーを橋絡する誘導分路 (Inductive shunt)、閉合電磁石閉合發條、開放發條及び電弧吹消線輪を適當に組合せたものであり、第1圖は其の主要部分の略圖を示し、第2圖は寫眞による構造説明圖である。本器は第2圖に見る如く基底に立つ絶縁棒に一個体のフレーム及び消弧電磁

石が裝架せられ、フレームは全機構を包含し、消弧電磁石は吹消線輪及びアークチュートを備へた簡単な構造である。



- | | | |
|-----------|-----------|----------|
| a—固定接觸子 | b—可動接觸子 | c—保持電磁石 |
| d—バツキングバー | e—誘導分路 | f—閉合電磁石 |
| g—閉合發條 | h—開放發條 | j—電弧吹消線輪 |
| k—接極子 | L—電流制限抵抗器 | m—電弧 |

第1圖 主要部分の略圖



第2圖 構造説明圖

第3圖に就て動作順序を説明すると、閉合線輪を附勢すれば可動鐵心は下方に吸引せられ動作桿は時計式に回轉する。可動接觸子は開放發條に依つてバムパーに引着けられて居るため、浮動桿は可動接觸子に於けるバムパーとの接觸點を支点として時計式に回動され、プルロッドを介して接續されて居る接極子は浮動桿と共に前方に移動し保持電磁石に接して吸引され而して保持される。

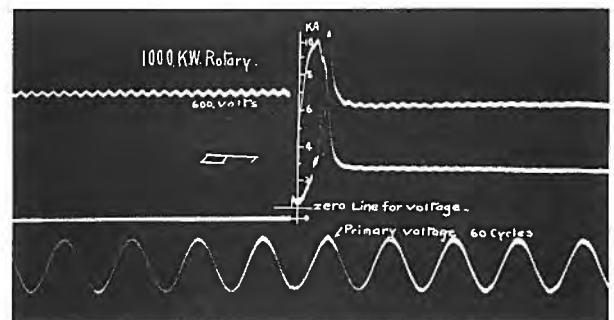
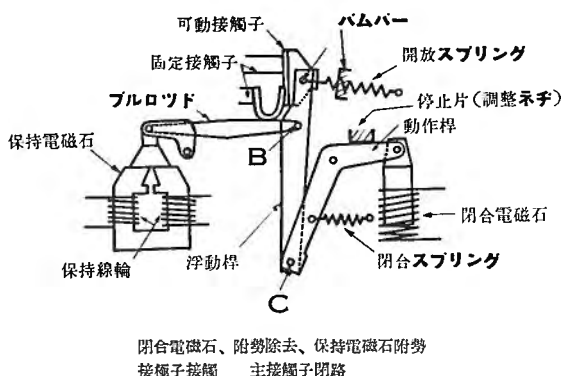
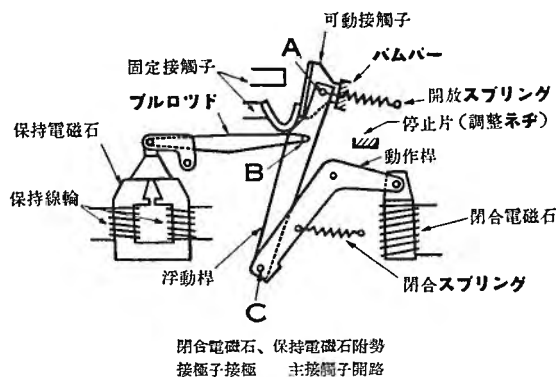
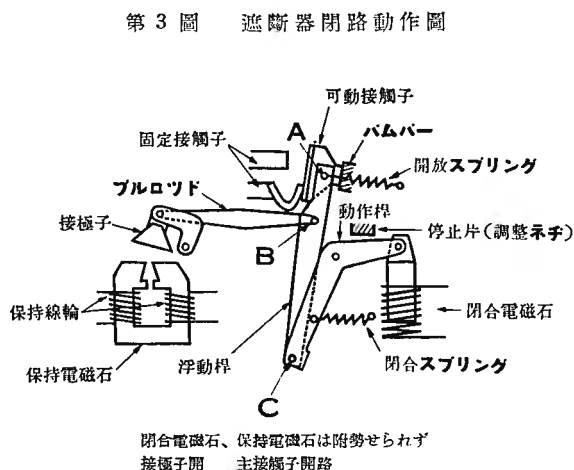
次の瞬間可動鐵心の衝程の最後に於て閉合線輪は其の可動鐵心の運動に伴つて操作される補助スイッチに依つ

て回路を切られ附勢を失ふが、保持電磁石は勵磁されて居るから接極子は接極の位置を保ち、浮動桿はプルロッドとの聯結軸を中心として閉合發條に依つて反時計式に回轉し可動接觸子は閉合するのである。此の時閉合發條は開放發條に打勝て接觸面に適當の壓力を與へ斯して閉合動作を終了する。

遮斷器が上記閉合状態にある時、保持電磁石の接極子吸引力が或一定値に降下するか或は保持線輪が短絡された場合、接極子は保持電磁石を離れ可動接觸子は開放發條に依り開放する。

此の場合接極子を引離す力は開放發條と閉合發條の力の和であつて、閉合發條は動作桿をそれが停止片に當るまで極く僅か回轉せしめて停止し、開放發條は可動接觸子を全開放位置にまで開き、再び開放状態に復歸するのである。尙構造詳細は三菱電機高速度自動遮斷器説明書に依られ度く本文に於ては上記の如く概要に止めておく

本器は遮斷動作に於ける所謂 Dead time が $\frac{1}{1000}$ 秒以下である處の速應遮斷器であつて、上述の如く保持電磁石に依り可動接觸子をプルロッドを介して閉路状態に保持するものである。釋放線輪即ちバツキングバーは保持電磁石を貫通し、其の電流に依る磁束は保持電磁石接觸面に於て保持線輪に依る磁束に對して逆方向即ち打消す方向に生ずるものであつて、一定値の磁束に依つて可動接觸子が保持されて居る場合、バツキングバーに電流を零値から通じ次第に上昇させるならば保持磁束は次第に減少し可動接觸子を保持すべき最少保持磁束となれば遂に釋放され開放發條に依り高速度遮斷を行ふものである。



第4圖

1000 kW 600 V 廻轉變流機に HS 型正性高速度遮斷器を使用して短絡試験を行つたオシログラム

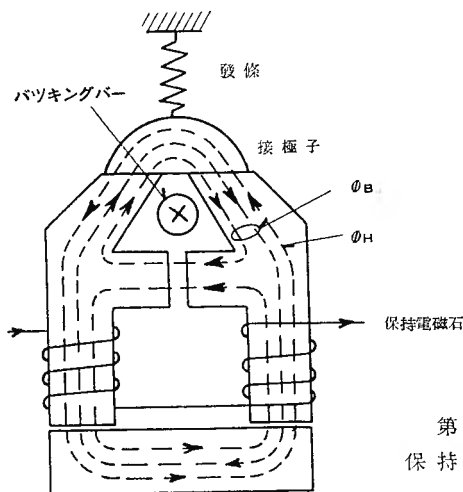
回路に異状が起りバツキングバーを流れる電流が一定値を超過すれば可動接觸子は直ちに釋放され、電弧は強力なる吹消線輪の作用に依り約 $\frac{1}{1000}$ 秒の點より減少し始め約 $\frac{16}{1000}$ 秒に於て故障電流は全く除去される。(第4圖參照)

漸進電流特性

先づ漸進電流特性曲線を誘導し之に聊か説明を加へて見ようと思ふ。第5圖は保持電磁石及び其の磁束分布を示す略圖である。保持電磁石と接極子との接觸面に於てバツキングバー電流に依る磁束を Φ_B 、保持電流に依る磁束を Φ_H とすれば、保持力を生ずる磁束 Φ は

$$\Phi = \Phi_H - \Phi_B$$

今發條の力を P 、接極子の保持力を F とし、二力が平衡すべき條件は



第5圖
保持電磁石

$$P = F = K (\Phi_H - \Phi_B)^2 \dots\dots\dots (1)$$

K 常數

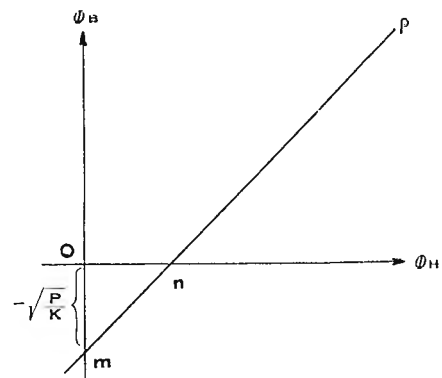
$$\Phi_H - \Phi_B = \pm \sqrt{\frac{P}{K}}$$

($\Phi_H - \Phi_B$) を正の値とすれば

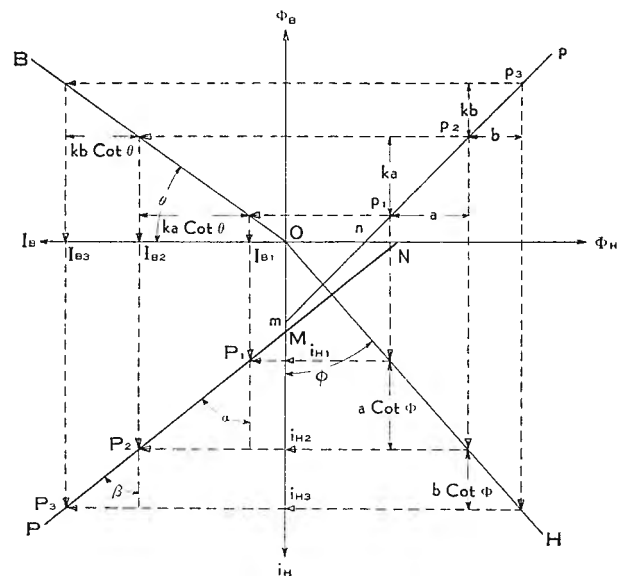
$$\Phi_B = -\sqrt{\frac{P}{K}} + \Phi_H \dots\dots\dots (2)$$

(2) 式は明らかに第6圖に示す直線の方程式である。バツキングバー電流を I_B 、保持電流を i_H とし、 Φ_B 、 Φ_H I_B 及び i_H の關係を一括圖示すれば第7圖を得る。

第7圖に於て直線 mp は第6圖に示された $\Phi_B = f(\Phi_H)$ の關係、直線 OH は $\Phi_H = f(i_H)$ の關係、直線 OB は



第6圖

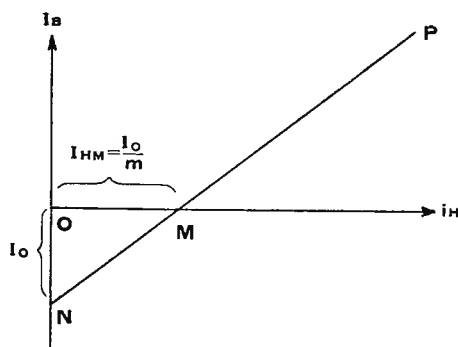


第7圖

$\Phi_B = f(I_B)$ の關係を示す。 $\Phi_B = f(\Phi_H)$ 曲線即ち直線 mp 上に任意の3點 p_1 p_2 及び p_3 をとり、之等の諸點に對應するバツキングバー電流 I_B 及び保持電流 i_H の値をとれば、 I_B 軸上に I_{B1} 、 I_{B2} 及び I_{B3} 、又 i_H 軸上に i_{H1} 、 i_{H2} 及び i_{H3} の諸點を得る。次に之等の諸點により P_1 、 P_2 、及び P_3 を得て之等を結べば、 $I_B = f(i_H)$ の關係曲線を得る。而して此の曲線は直線である。其の理由は曲線上 NP の線分 $P_1 P_2$ 及び $P_2 P_3$ が夫々 i_H 軸となす角 α と β が等しきためである。下式は $\alpha = \beta$ を證明する。

$$\begin{aligned} \alpha &= \tan^{-1} \frac{ka \cot \theta}{a \cot \phi} = \tan^{-1} \frac{kbcot \theta}{b \cot \phi} \\ &= \tan^{-1} k \frac{\cot \theta}{\cot \phi} = \beta \end{aligned}$$

斯して得た特性曲線 NP はバツキングバー特性曲線と名附ける。依つて本曲線のみを圖示すれば第8圖となり



第 8 図 バツキングバー特性曲線

任意の保持電流 i_H に對して接極子を釋放するバツキングバー電流 I_B との關係を示すものである。而して此の關係は次式に依つて表はされる。

$$I_B = -I_0 + mi_H \dots\dots\dots (3)$$

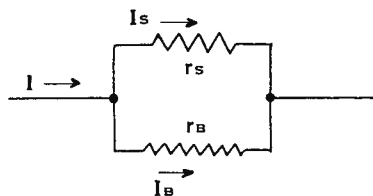
$m \dots\dots\dots$ 常數

$i_H=0$ なる時 $I_B=-I_0$ となる。即ち保持電流が零なる時バツキングバー電流が I_0 なる値に於て接極子を保持する。

i_H が次第に増加して I_{HM} なる値に達すれば $I_B=0$ となる。即ちバツキングバー電流が零なる時保持電流が I_{HM} なる値に於て接極子を保持する。即ち保持電磁石接觸面に I_0 に依つて生ずる磁束は I_{HM} に依つて生ずる磁束に等しく且つ此の磁束は發條の釋放力に等しい保持力を生ぜしめて居るものであり、 I_{HM} を高速度自動遮斷器の**最少保持電流**と稱す。

第 1 圖に示す如くバツキングバーと誘導分路とは並列關係に接続され、主回路電流は其の變動緩慢なる場合殆んど兩者の抵抗値の逆比に分流する。第 9 圖に於て r_s は誘導分路抵抗、 r_B はバツキングバー抵抗、 I は主回路電流、 I_s は誘導分路電流、 I_B はバツキングバー電流とすれば、

$$I_B = \frac{r_s}{r_s + r_B} I$$



第 9 圖

此の關係を (3) 式に代入すれば

$$\frac{r_s}{r_s + r_B} I = -I_0 + mi_H$$

$$I = -\frac{r_s + r_B}{r_s} I_0 + \frac{r_s + r_B}{r_s} mi_H \dots\dots\dots (4)$$

(4) 式は (3) 式と同じ形であつて、これを圖示すれば第 10 圖の直線 $N_0 P_0$ となり之即**漸進電流特性曲線**である。 $i_H=0$ なる時 $I = -\frac{r_s + r_B}{r_s} I_0$ となりバツキングバー特性曲線の場合と同様に保持電流零なる時主回路電流が $\frac{r_s + r_B}{r_s} I_0$ なる値に於て接極子を保持する。又 $I=0$ なる時の i_H の値を (4) 式より求むれば

$$0 = -\frac{r_s + r_B}{r_s} I_0 + \frac{r_s + r_B}{r_s} mi_H$$

$$i_H = \frac{I_0}{m}$$

(3) 式に於て $I_B=0$ として i_H の値を求むれば

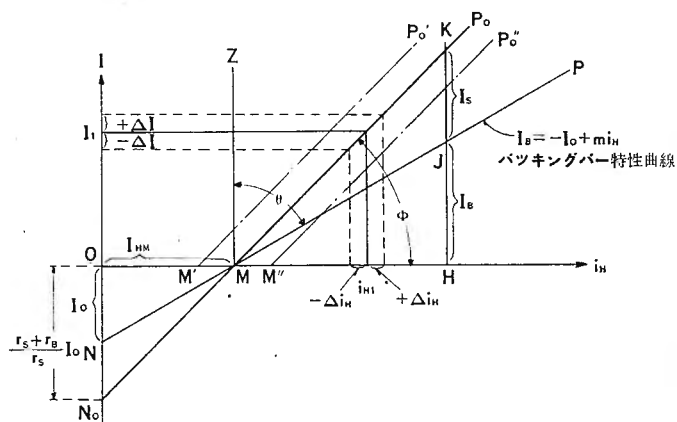
$$0 = -I_0 + mi_H$$

$$i_H = \frac{I_0}{m} = I_{HM} \text{ となる。}$$

即ち兩特性曲線に於て最少保持電流は全く等しく第 10 圖に見る如く兩特性曲線は M 點を共有して居る。尙漸進電流特性曲線の角係数はバツキングバー特性曲線のその $\frac{r_s + r_B}{r_s}$ 倍となつて居る。

第 10 圖に於て i_H 軸上任意の點 H に於ける垂線 HK が NP 及び $N_0 P_0$ と交はる點を夫々 J 及び K とすれば、 HJ はバツキングバー電流、 HK は主回路電流となる故に、 JK は誘導分路電流となる。

一定の特性を持つ高速度自動遮斷器に於て、發條釋放力の増減、並に保持電磁石磁氣回路の磁氣抵抗の増減は



第 10 圖 漸進電流特性曲線

その最少保持電流の値を増減する。第 10 圖に於ては M 點を M'' 及び M' に移動することになり、而して

$$M'P_0' // MP_0 // M''P_0'' \quad \text{である。}$$

又誘導分路とバツキングバーとの電流分率の變化は、 N_0P_0 を角度に於て θ なる範圍に回動せしめる。此の場合 N_0P_0 が NP に一致する場合は誘導分路抵抗無限大なる場合即ちバツキングバー特性となり、 N_0P_0 が MZ (i_H 軸に垂直) に一致する場合はバツキングバー抵抗無限大なる場合である。

次に保持電壓の變動に對する釋放電流 (主回路電流) の變動に就て考へて見る。

保持電流 i_{H1} なる時の釋放電流を I_1 とする。保持電壓が $\pm \Delta E$ の變動をすれば之に比例して保持電流は $\pm \Delta i_H$ の變動をなし、釋放電流は之に對應して $\pm \Delta I$ の變動をする。

$$\Delta I = \frac{r_s + r_B}{r_s} m \Delta i_H \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$\Delta i_H = \frac{r_s}{m(r_s + r_B)} \Delta I \quad \dots\dots\dots (6)$$

保持電壓變動率を α とすれば、

$$\alpha = \frac{\Delta E}{E_1} = \frac{\Delta i_H}{i_{H1}} \quad \dots\dots\dots (7)$$

釋放電流變動率を β とすれば、

$$\beta = \frac{\Delta I}{I_1} = \frac{\frac{r_s + r_B}{r_s} m \Delta i_H}{I_1} \quad \dots\dots\dots (8)$$

(8) 式に (7) 式の關係を代入すれば

$$\beta = \alpha \frac{\frac{r_s + r_B}{r_s} m i_{H1}}{I_1} \quad \dots\dots\dots (9)$$

(9) 式中の $\frac{r_s + r_B}{r_s} m$ は漸進電流特性曲線の角係數な

る故之を M とすれば、

$$\beta = \alpha M \frac{i_{H1}}{I_1} \quad \dots\dots\dots (10)$$

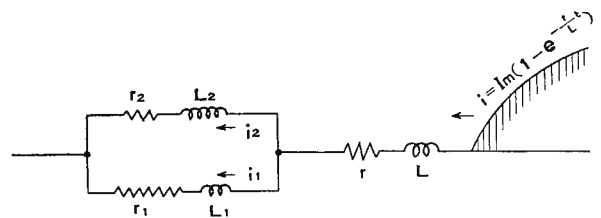
$i_{H1} = AE_1$ とすれば、(A.....常數)

$$\beta = \alpha M \frac{AE_1}{I_1} \quad \dots\dots\dots (11)$$

(10) 及び (11) 式は保持電壓變動率 α と釋放電流變動率 β との關係式である。

突進電流特性

負荷が一定して居る間、若くは漸進的に増加しつゝある負荷電流に對しては、誘導分路及びバツキングバー回路に對する電流の分配は其の抵抗値に逆比例し、インダクタンスの影響は極めて僅少であり、若くは全く影響しない。然るに回路短絡の如き負荷電流の急激なる上昇に對してはインダクタンスの影響に依り兩回路に異狀配分が起る。以下上記異狀配分に於けるバツキングバー電流の計算式を求めて見る。



第 11 圖 高速度自動遮斷器等價回路

- r = 外部回路抵抗
- L = 外部回路インダクタンス
- r_1 = バツキングバー抵抗
- L_1 = バツキングバーインダクタンス
- r_2 = 誘導分路抵抗
- L_2 = 誘導分路インダクタンス
- i = 外部回路電流
- i_1 = バツキングバー電流
- i_2 = 誘導分路電流
- t = 時間
- e = 2.71828

遮斷器の回路定數 r_1 、 r_2 、 L_1 及び L_2 は外部回路定數 r 及び L に比較して閉却し得る程小なる故に、短絡電流 i は外部回路定數のみに依つて制限されるものとすれば、

$$i = I_m \left(1 - e^{-\frac{r}{L} t} \right) \quad \text{となる。}$$

$$i_1 r_1 + L_1 \frac{di_1}{dt} = i_2 r_2 + L_2 \frac{di_2}{dt} \quad \dots\dots\dots (12)$$

$$i_2 = i - i_1 \quad \dots\dots\dots (13)$$

$$\frac{di_2}{dt} = \frac{di}{dt} - \frac{di_1}{dt} \quad \dots\dots\dots (14)$$

$$i = I_m \left(1 - e^{-\frac{r}{L} t} \right) \quad \dots\dots\dots (15)$$

$$\frac{di}{dt} = \frac{I_m r}{L} e^{-\frac{r}{L} t} \quad \dots\dots\dots (16)$$

(12) 式へ (13) 式及び (14) 式を代入して整理すれば

$$\frac{di_1}{dt} = -\frac{rI_m(L_2r-Lr_2)}{L\{L(r_1+r_2)-r(L_1+L_2)\}}e^{-\frac{r}{L}t} + \left[\frac{I_m(r_1+r_2)(L_2r-Lr_2)}{(L_1+L_2)\{L(r_1+r_2)-r(L_1+L_2)\}} + \frac{I_m r_2}{L_1+L_2} \right] e^{-\left(\frac{r_1+r_2}{L_1+L_2}\right)t} \quad (21)$$

$$\left. \frac{di_1}{dt} \right|_{t=0} = -\frac{rI_m(L_2r-Lr_2)}{L\{L(r_1+r_2)-r(L_1+L_2)\}} + \frac{I_m(r_1+r_2)(L_2r-Lr_2)}{(L_1+L_2)\{L(r_1+r_2)-r(L_1+L_2)\}} + \frac{I_m r_2}{L_1+L_2} \\ = \left(\frac{L_2}{L_1+L_2} \right) \left(\frac{r}{L} I_m \right) \quad (22)$$

(16) 式に於て $t = 0$ の条件を入れば

$$\left. \frac{di_1}{dt} \right|_{t=0} = \frac{r}{L} I_m \quad (23)$$

(22) 式に於て $L_2 \gg L_1$ とすれば

$$\left. \frac{di_1}{dt} \right|_{t=0} \approx \frac{r}{L} I_m \quad \text{即ち} \quad \left. \frac{di_1}{dt} \right|_{t=0} \approx \left. \frac{di}{dt} \right|_{t=0} \quad \text{となる。}$$

次に i_1 の最大となる時間の計算式を求める。

$$\frac{di_1}{dt} = 0 \\ = -\frac{rI_m(L_2r-Lr_2)}{L\{L(r_1+r_2)-r(L_1+L_2)\}}e^{-\frac{r}{L}t} + \left[\frac{I_m(r_1+r_2)(L_2r-Lr_2)}{(L_1+L_2)\{L(r_1+r_2)-r(L_1+L_2)\}} + \frac{I_m r_2}{L_1+L_2} \right] e^{-\left(\frac{r_1+r_2}{L_1+L_2}\right)t} \quad (24)$$

(24) 式より

$$\frac{rI_m(L_2r-Lr_2)}{L\{L(r_1+r_2)-r(L_1+L_2)\}}e^{-\frac{r}{L}t} = \left[\frac{I_m(r_1+r_2)(L_2r-Lr_2)}{(L_1+L_2)\{L(r_1+r_2)-r(L_1+L_2)\}} + \frac{I_m r_2}{L_1+L_2} \right] e^{-\left(\frac{r_1+r_2}{L_1+L_2}\right)t} \\ e^{\left(\frac{r_1+r_2}{L_1+L_2}-\frac{r}{L}\right)t} = \left[\frac{I_m(r_1+r_2)(L_2r-Lr_2)}{(L_1+L_2)\{L(r_1+r_2)-r(L_1+L_2)\}} + \frac{I_m r_2}{L_1+L_2} \right] \frac{L\{L(r_1+r_2)-r(L_1+L_2)\}}{rI_m(L_2r-Lr_2)}$$

上式を整理すれば

$$e^{\frac{L(r_1+r_2)-r(L_1+L_2)}{L(L_1+L_2)}t} = \frac{L(L_2r_1-L_1r_2)}{(L_1+L_2)(L_2r-Lr_2)}$$

依つて

$$\frac{L(r_1+r_2)-r(L_1+L_2)}{L(L_1+L_2)}t = \text{Loge} \frac{L(L_2r_1-L_1r_2)}{(L_1+L_2)(L_2r-Lr_2)} \\ \therefore t = \frac{L(L_1+L_2)}{L(r_1+r_2)-r(L_1+L_2)} \text{Loge} \frac{L(L_2r_1-L_1r_2)}{(L_1+L_2)(L_2r-Lr_2)} \quad (25)$$

誘導分路及びバツキングバーが無誘導なる場合には遮断器の動作特性は漸進電流なると突進電流なるとに關らず常に漸進電流特性である。而し乍ら誘導分路にバツキングバーのインダクタンスより大なるインダクタンスを附與することに依つて第12圖に見る i_1 の如く i_1' に對して増加するのである。今遮断器の動作電流が漸進電流に於て I_1 なる如く保持電流を通じおきたる時、前述の突進電流 i が流れた場合遮断器は I_1 より小なる I_1' に於て

動作する。此の特性を **突進電流特性** 又は **撰別特性** と稱す。

本特性を説明すれば第12圖に於て主回路電流 I_1 に對するバツキングバー電流 I_B は i_1' 上に於ては a 點であり同値の I_B を i_1 上にとれば b 點である。而して b 點に對する主回路電流は I_1' となり I_1' は I_1 より小なる値である。

更に遮断器の動作開始時間は I_1 に對しては t_1 、 I_1' に

HS型 高 速 度 遮 断 器 標 準 表

(600V. 750V. 1,500V 用)

型	定 格 電 流 (A)		制 御 電 圧 (V)	目 盛 ア ン ペ ア タ ッ プ	重 量 (kg) ※
	連 續	2 時 間			
HS-2	500	750	110	400- 500- 600- 700- 800	220
	750	1000	110	500- 750-1000-1250-1500	220
	1000	1500	110	750-1000-1250-1500-1750	220
	1250	1500	110	1000-1250-1500-1750-2000	220
	1500	1750	110	1000-1500-2000-2500-3000	220
HS-2	500	750	600	400- 500- 600- 700- 800	220
	750	1000	600	500- 750-1000-1250-1500	220
	1000	1500	600	750-1000-1250-1500-1750	220
	1250	1500	600	1000-1250-1500-1750-2000	220
	1500	1750	600	1000-1500-2000-2500-3000	220
HS-2	500	750	750	400- 500- 600- 700- 800	220
	750	1000	750	500- 750-1000-1200-1500	220
	1000	1500	750	750-1000-1250-1700-1750	220
	1250	1500	750	1000-1250-1500-1750-2000	220
	1500	1750	750	1000-1500-2000-2500-3000	220
HS-1	2000	2500	110	1500-2000-2500-3000-3500	356
	2500	3000	110	2000-2500-3000-3500-4000	356
	3000	3500	110	2500-3000-3500-4000-4500	356
HS-1	2000	2500	600	1500-2000-2500-3000-3500	356
	2500	3000	600	2000-2500-3000-3500-4000	356
	3000	3500	600	2500-3000-3500-4000-4500	356
HS-1	2000	2500	750	1500-2000-2500-3000-3500	356
	2500	3000	750	2000-2500-3000-3500-4000	356
	3000	3500	750	2500-3000-3500-4000-4500	356
HS-3	4000	4500	110	3000-4000-5000-6000-7000	420
	5000	5500	110	4000-5000-6000-7000-8000	420
HS-3	4000	4500	600	3000-4000-5000-6000-7000	420
	5000	5500	600	4000-5000-6000-7000-8000	420
HS-3	4000	4500	750	3000-4000-5000-6000-7000	420
	5000	5500	750	4000-5000-6000-7000-8000	420

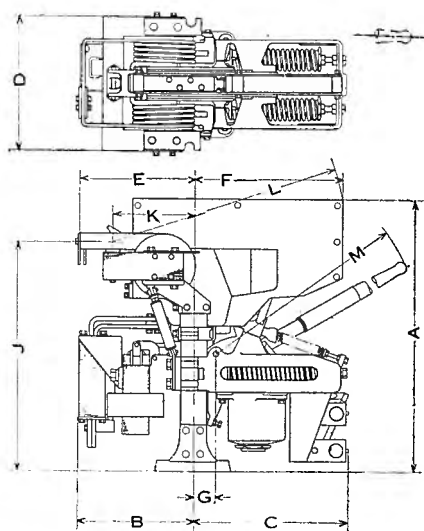
※ 本重量表は遮断器のみを示します。

HP型 逆 性 高 速 度 遮 断 器 標 準 表

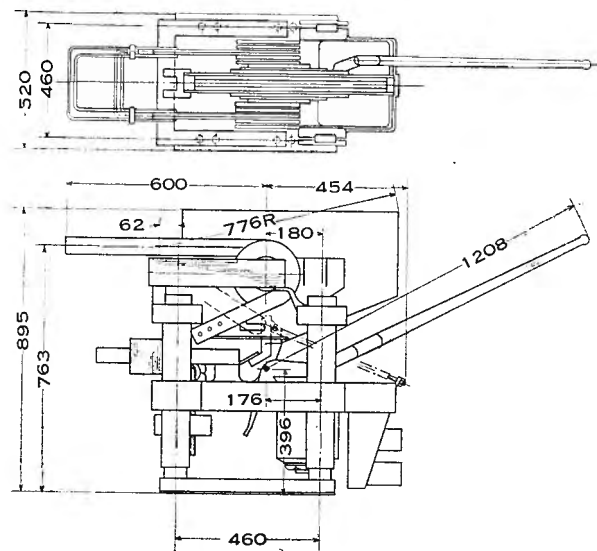
型	定 格 電 流 (A)		制 御 電 圧 (V)	釋 放 電 流 (A)	重 量 (kg)
	連 續	2 時 間			
HP-1	2000	2500	110	500	356
HP-1	3000	3500	110	750	356
HP-2	1000	1500	110	300	220
HP-2	1500	1750	110	350	220
HP-3	4000	4500	110	1000	420
HP-3	5000	5500	110	1200	420

之等の外形寸法は HS-1. HS-2. HS-3 に同じであります。

HS 型 HP 型 高速度遮斷器外形寸法表



HS-1 型 HS-2 型 高速度自動遮斷器

HS-3 型 HP-3 型 高速度遮斷器
(750V, 1500V) (4000A, 5000A)

型	定格電流 (A)	外形寸法 (耗)										
		A	B	C	D	E	F	G	J	K	L	M
HS-2	1500	750	314	492	365	365	315	54	670	267	590	810
HS-1	3000	914	390	520	440	390	490	73	777	280	785	1208

ダイクローム偏光板に就いて

大 船 工 場 福 重 利 惣

緒 言

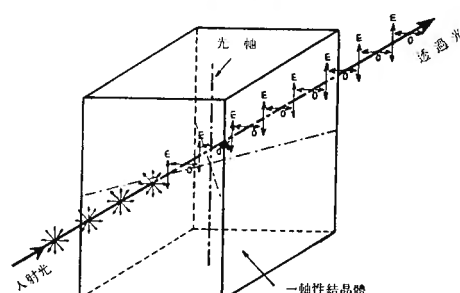
電磁波は真空管の発明により、無線通信・電送写真・テレビジョン等文明に非常に大きな貢献を爲してゐる。電磁波には數千米・數百米・數米・數十種等の放送電波から光線、X線等種々のものがあるが、時代と共に次第に短波長が重大な役割を演ずる様になつて來た。極短波とも云ふべき光波に於いても、偏光板の發明によつて新しい進歩が見出された。光波の振動には、振動數、振幅、振動方向の三つの大きな基本的要素がある。振動數は色相に關係し、振幅は明るさに關係するものであるが、この二つの要素は我々の視覺に直接感ずるもので、これまでもこの二つを調制する方法は種々知られてゐた。處が第三の振動方向を調制することも、種々重大な効果があると知りながら、適當な起偏器がない爲その利用が特種の方面のみに限られてゐたものである。

從來、偏光を得るには天然の方解石を研磨、貼り合せたニコル・プリズム、アーレンス・プリズム等を使用するかブルースターの法則により非金屬面の反射、屈折を利用した。併し前者は總べて柱狀をなし、間口より奥行の方が約3倍も長いため視角が約27度と云ふ非常に狭いもので扱ひに不便であり、天然品の加工である爲良質で大きいものを多量に得ることが出來ず、非常に高價であつた。後者は簡單であるが使用上不便であり偏光も不完全である。

ダイクローム偏光板は人工的に造つた薄板状のもので、視角は180度に近く、大きさには殆んど制限なく、安價に得られるもので、東京工業大學にて研究し當社にて工業化したものである。外國には米國にポーラロイド(Polaroid)、獨逸にヘロタール(Herotar)の二種類があるが、ダイクロームとは製造法も機構も異なるものである。

原 理

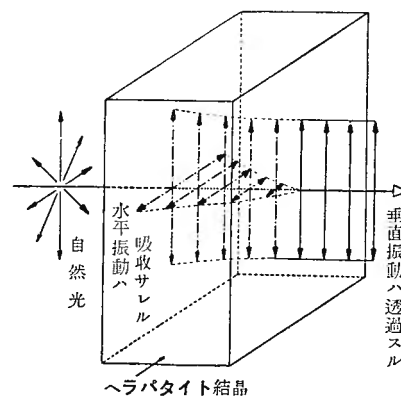
光線は光學的異方体又は歪のある物体を通過する時、第1圖の如く複屈折と云ふ現象を起す。即ち普通光線は



第 1 圖

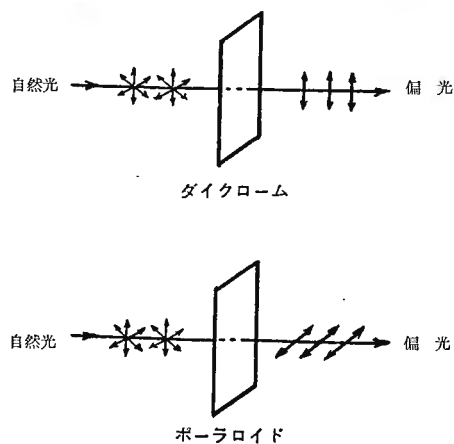
あらゆる方向に振動するが、複屈折体に入ると光軸に平行の方向と直角の方向とに振動する二つの成分に分れる。この二成分は一般に進行速度、吸収係數等光學的性質を異にする。もしその一方のみが吸収せられて、他方が透過すれば偏光が得られる。第2圖はその様子を示めすもので、入射した自然光は垂直及び水平に振動する二つの成分に分解せられる。

この二成分は結晶を通過中水平振動は全部吸収せられ垂直振動のみ透過して偏光となる。この様な結晶は種々



第 2 圖

あるが、一般に吸収は完全なものでなく、或る特種の波長にのみ吸収が起り、透過光線は着色光線となる。この現象を二色性現象 (Dichraism) と呼んでゐる。この現象をよく示す結晶で一般に知られてゐるものに電気石がある。この薄片を二枚重ね合せて廻轉すると、暗緑色から灰色に明暗の變化が現はれる。これと同様の現象を示す結晶は天然に澤山あるが、その作用が一般に顯著でない。電気石も種々程度があり、全然無色の結晶は二色性を示さない、この二色性を示す結晶を人工的に合成することが出来る。1850 年頃英人 Herapath は沃度と硫酸キニエを主体として $4(C_{20}H_{24}N_2O_2) \cdot 3H_2SO_4 \cdot 2HI \cdot I_4 \cdot 6H_2O$ なる化合物を合成し、これが著しい二色性を示すことを發見した。これは所謂ヘラパタイトと呼ばれるもので、この他にもシンコニン、シンコニデン、コバルトアンミン化合物等種々ある。この結晶を実用上の偏光器とするには二種の方法がある。第一は非常に微細な結晶を薄膜中に一定方向に配列する方法である。第二の方法は一個の結晶を薄板状に大きく成長させる方法である。當社のダイクローム及び米國のポーラロイドは第一の方に屬し、獨逸のヘクタールは第二の方に屬してゐる。併しダイクロームとポーラロイドとは第 3 圖の如く結晶軸に對する偏光の振動方向が異なる。即ちダイクロームは透過する偏光が結晶の長軸と平行の方向に振動し、ポーラロイドは長軸と直角の方向に振動する。第一の方法と第二の方法とを比較すると、第一の方法は一定方向に配列し易い二色性結晶の製造法が困難であり、結晶は非常に小さくないと、膜中に於て結晶面で反射を起しこれが散亂光となつて像が不鮮明になる恐がある。併しこの方法は結晶さへよいものが出来れば幾らでも大き



第 3 圖

なものが出る。第二の方法は一個の結晶を大きく成長させるものであるから、散亂光は起らないが大きなものは製造が非常に困難である。然も單結晶である爲結晶のみでは機械的に弱いから、實用上二枚の硝子の間に貼り合せなければならない。第一の方は膜を丈夫なもので造れば膜のみで實用になる。第一の方法による場合の散亂光も結晶を小さくすれば除去することが出来、ダイクロームは實用上殆んど支障を認めない。

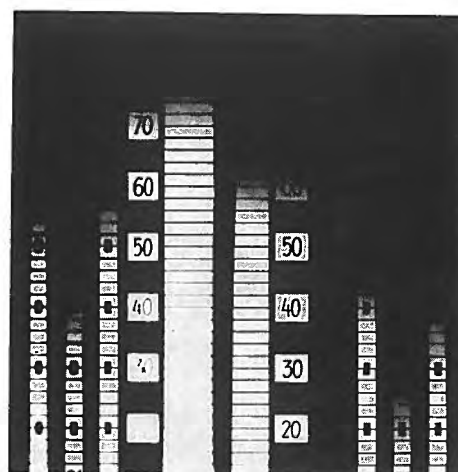
性 質

(1) 色 調

ダイクローム偏光板は普通の透過光線で見ると微かな黄緑色を帯びてゐる。二枚の偏光軸を直交させて見ると暗紫色に見える。これは二色性結晶の特性で光波の吸収が或る波長に選擇的に起る爲である。ポーラロイドもヘクタールも大体同様の色調を持つてゐる。

(2) 透 明 度

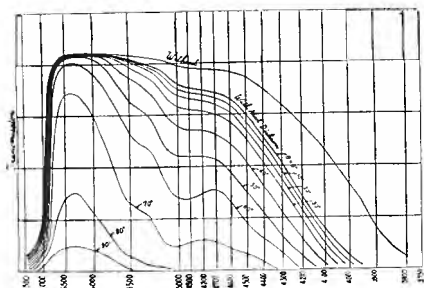
二色性結晶が入射した光線の内、光軸に平行に振動する方が直角に振動する方か、一方を完全に吸収し、他方も完全に透過したとしても、透過光線は約半分となる。併し現在使用してゐる結晶は或る波長に對して選擇的に吸収が起り、空氣と膜面との間の反射や、膜を構成する物質と結晶との間の反射、又配列しない結晶による吸収等の爲損失を多くし 30~40% となる。併し肉眼には適應性がある爲、光量が二分の一や三分の一に減じてても程暗さを感じないものである。第 4 圖はエグーヒト感光計に依る透過度測定寫眞である。



第 4 圖

(3) 偏 光 度

偏光度は波長によつて異り、可視光線の中央部—黄色—はよいが、両端の青及び赤の部分に於て多少よくない所がある。第5圖はニコルとダイクロームとを組合してその交直を10度づゝ變化した場合の偏光透過量を曲線に現はしたものである。



第 5 圖

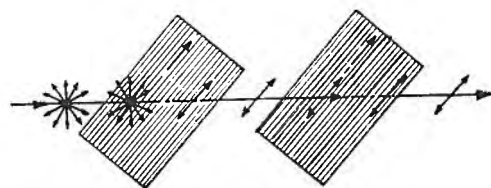
(4) 耐 熱 度

現在のダイクロームは有機質を主体とする爲、餘り高温には耐へられない。長時間の使用に對しては約 60°C 位までである。従つて天候による温度の變化に對しては安全であるが、高熱の光源の近くに使用する場合に注意を要する。

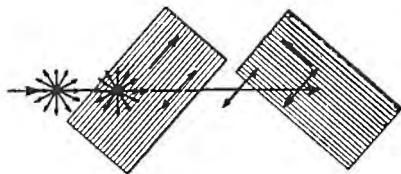
用 途

(1) 光 量 の 調 節

ダイクロームを二枚重ね合して回轉すると、透過する光線の量が變化して明暗を生ずる。第6圖 A は偏光軸が平行の場合で光線は最大の透過量を示す。B は直交の場合で光線は殆んど透過しない。これを利用して自動

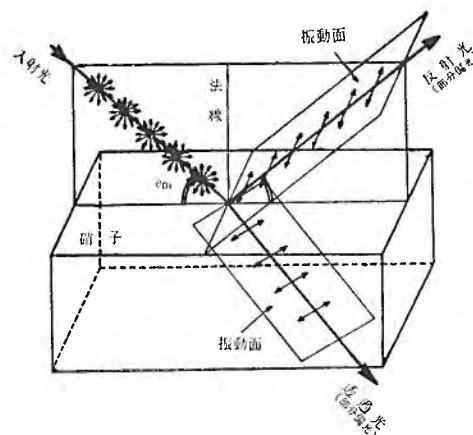


(A) 兩偏光板の軸が平行—光は透過する



(B) 兩偏光板の軸が直交—光は第2の偏光板で遮られる

第 6 圖



第 7 圖

車のヘッドライトの眩光を防止することが出来る。自動車のヘッドライトに一枚のダイクロームを取り付け、眼の前にもう一枚のダイクロームをその偏光軸をヘッドライトのダイクロームの偏光軸と直交する位置に取り着けるとヘッドライトは眩惑を感じず他のものも普通に見ることが出来る。この外太陽、探照燈、熔接の光、火花等強烈な光線をその強度に應じて任意に調節して防止することが出来る。尙建築上窓硝子に應用する時は、直射日光をさへぎり室内の採光を自由に調節することが出来る

(2) 反射光線の除去

反射光線は第7圖で見る様に反射面に平行に振動する偏光を多量に含んでゐる。偏光を含む量にはブルースターの法則があつて

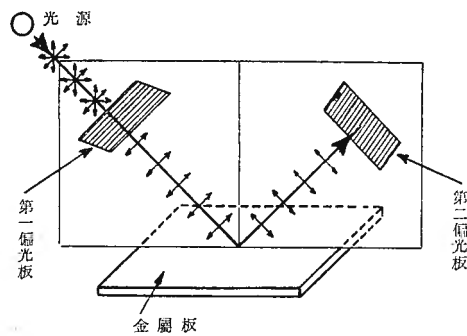
$$\tan i = n \quad (i \text{ 入射角} \quad n \text{ 屈折率})$$

の關係を満足する場合は完全偏光となる。偏光板を通して自然界を見ると、驚くべき變化を發見する。机の上の



第 8 圖

反射や書物の紙面の反射が消へて文字が明瞭に見える。水面の反射を除去して魚類や潜水艦の発見が容易に出来る。写真撮影に使用すると、被写体の反射を適宜に調節して撮影効果をあげることが出来る。第8圖は写真用フィルターを示す。又電気スタンドに使用すれば反射しない光源となり、読書、作業等を安易にする。但し茲に注意すべきは金属面の反射は偏光でないことである。この場合は第9圖の如く光源の方にも偏光板を使用すれば反射を除去することが出来る。



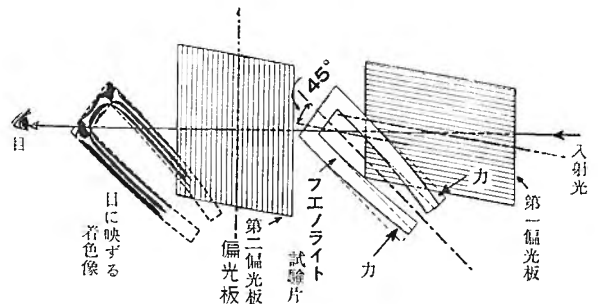
第9圖

(3) 光學的異方体の検出

二枚の偏光板の間に光學的異方体を入れると、複屈折及び干渉によつて明暗及び着色現象を示す。これに依つて透明体内の歪の検出、光弾性學、着色信號等に應用せられる。第10圖は光弾性の應用の原理を示す圖である。第11圖は歪検査機で偏光眼鏡を使用して歪のある物体を直接見て検査することが出来る。

(4) 電磁光効果

偏光は或る種の媒体中を通過する際、電場或は磁場によつて、その振動方向を回轉させられる。これはケル効果及びファラデー効果と呼ばれるもので、この性質を利用して特種の通信をなすことが出来る。



第10圖



第11圖



編輯兼發行者

三菱電機株式會社 神戶製作所內

稻垣健三

印刷者

大阪市東區北久太郎町一丁目一六

久保專治

印刷所

大阪市東區北久太郎町一丁目一六

サン製版印刷所

發行所

神戶市兵庫區和田崎町三丁目

三菱電機株式會社 神戶製作所

昭和15年8月7日 印刷
昭和15年8月11日 內務省納本
昭和15年8月14日 發行

【本誌代價】 壹部=付金貳拾錢
(郵稅不要)

三菱電機株式會社

本店	東京市麴町區丸ノ内二丁目四
神戶製作所	神戶市兵庫區和田崎町三丁目
名古屋製作所	名古屋市中區矢田町
長崎製作所	長崎市平戸小屋町
大阪工場	兵庫縣川邊郡立花村塚口
大船工場	神奈川縣鎌倉郡大船町
直方出張所	直方市大字下新入
札幌出張所	札幌市北二條東一二丁目九八
奉天駐在員	奉天大和區浪速通二八
新京駐在員	新京大同大街(康德會館內)
京城駐在員	京城府黃金町一丁目一八〇

三菱商事株式會社

機械部	東京市麴町區丸ノ内二丁目十番地
橫濱駐在員	橫濱市中區本町四丁目四三番地(橫濱支店內)
青森出張員	青森市大字古川町一七番地
仙臺出張員	仙臺市國分町二番地
小樽支店	小樽市色内町八丁目三番地
函館出張所	函館市東濱町六番地
名古屋支店	名古屋市中區廣小路通二丁目
機械部大阪支部	大阪府南區安堂寺橋通三丁目
神戶駐在員	神戶市神戶區海岸通八番(神戶支店內)
姫路駐在員	姫路市堅町二五番地
吳支店	吳市堺川通一丁目八番地
門司支店	門司市東湊町二番地
佐世保出張所	佐世保市元町四三番地
長崎出張所	長崎市小曾根町二一番地
八幡出張員	八幡市枝光白川町一丁目
臺北支店	臺北市表町二丁目九番地
基隆出張員	基隆市日新町二丁目六番地
高雄支店	高雄市堀江町三丁目三二番地
京城支店	京城府黃金町一丁目一八〇番地
釜山出張所	釜山府大倉町四丁目二二番地
清津出張所	清津府港町四番地
群山出張員	群山府本町一丁目四〇番地
平壤出張員	平壤府黃金町三番地(東拓ビル內)
大連支店	大連市山縣通一六五番地
奉天支店	奉天大和區浪速通二八番地
安東出張員	安東大和區市場通五丁目
新京支店	新京特別市大同大街(康德會館內)
哈爾濱支店	哈爾濱埠頭區水道街二九番地
牡丹江出張員	牡丹江市大平路一五番地
天津支店	天津日本租界須磨街一六ノ一番地
北京出張所	北京東單牌樓大街三四五號
青島支店	青島館陶路三號
濟南出張所	濟南商埠經三路四六八號
上海支店	上海九江路三六號
漢口支店	漢口江漢路一五號
香港支店	Holland House, No. 9, Queen's Road Central Hongkong.