

三菱電機

昭和十三年 第十四卷 第六號 六月

衝撃波に對する 回轉機の保護方法に就て	101
工作機械用 誘導電動機の制御裝置	104
NF型ノーフューズ分電盤	108



三菱電機

第十四卷

昭和十三年六月

第六號

衝撃波に對する回轉機の保護方法に就て

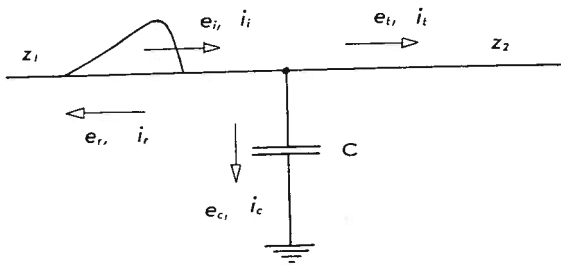
神戸製作所 更田健彦

變壓器を用ひずに直接送電線へ發電機・調相機等の回轉機を接續する場合がありますが、斯る場合には回轉機は送電線から襲來する衝撃電壓に直接曝される危険があります。而も回轉機巻線の絶縁は變壓器巻線の如く強化する事が困難でありますから、その保護方法に就ては變壓器の場合と異り特別の注意を要します。又最近の研究の結果に依りますと、變壓器が介在して居る場合でも、之を通じて衝撃電壓が回轉機を襲ふ事があります。従つて此の際衝撃電壓に對する回轉機の保護方法に就て再検討を試みねばなりません。

變壓器巻線と回轉機巻線との衝撃電壓に對する特性の相違する點は、變壓器に於ては各巻線が鐵心即ち大地に對して靜電容量を有する上に更に各層間に相當な靜電容量をもつて居りますから、衝撃電壓が侵入した場合の内部の電壓分布は之等兩靜電容量の分布に依つて定まります。之に反して回轉機の場合には層間の靜電容量は餘り問題にならず、主として大地に對する靜電容量に依つて電壓分布が決定しますから、その情況は送電線の場合に稍々近附いて來ます。只送電線の場合の如く線路常數が一樣でなく、その分布状態は可成り複雑であります。即ち線輪の中で鐵溝中に埋つて居る直線部分即ち線輪の胴と、鐵心より露出して居る曲線部分即ち線輪端とで、線路常數を異にしますから、各々の接合點で反射侵入の現象が起るわけであります。然し斯様に考へますと甚しく複雑に成りますから、普通は巻線の一つの平等な導体と見做して、之に對する動搖インピーダンスを考へ特性の研究を行つて居ります。斯様に回轉機巻線の一つの平等な線路常數を有する導線と考へますと、動搖インピーダンスと共に衝撃電壓波の巻線内に於ける傳播速度なるものを考へる事が出來ます。即ち一樣に分布して居る線路常數を有する導体上に於ける進行波の傳播速度 S は理

論上導体のインダクタンス L 及び靜電容量 C に依り定まり、 $S = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ なる式を以つて算出せられます。而して架空線の場合には、 L 及び C の値を C.G.S. 電磁又は靜電單位の何れか一つの單位を以つて表はしますと S は略々 3×10^{10} 厘/秒 (300 米/ μs) と成り、光の速度に近い値に達しますが、回轉機巻線の様に附近に鐵や絶縁物の如き導磁率 μ 及び誘電率 ϵ が 1 で無い物質が存在する時には $S = \frac{1}{\sqrt{\mu\epsilon}} \times 300$ 米/ μs と成りまして光速より遙に小さな値と成ります。實驗の結果に依りますと回轉機巻線中に於ける傳播速度は 33.6 米/ μs と出て居りますが、之は巻線全体に對しての平均値でありますから、假りに線輪の端部に於ける傳播速度は略々電纜中の傳播速度と同じと考へて 160 米/ μs と取り、胴部のみに於ける傳播速度を求めますと、 17.6 米/ μs ($\frac{1}{17}$ 光速) と成ります。斯様に巻線中に於ける進行波の傳播速度は架空線上に於ける傳播速度に比較して甚しく遅く成り、先づ光速の $\frac{1}{15} \sim \frac{1}{20}$ 程度に低下するものと見れば宜敷いかと考へます。其の結果假りに波頭 $1 \mu s$ の電位波が回轉機巻線に襲來したとしますと、架空線上では波頭部分が 300 米間に擴つて居たものが、巻線の中に入りますと、僅か 15 米近くに壓縮されて仕舞ふ事に成ります。 15 米の長さで申しますと、普通の巻線の數ターンの長さでありますから、斯かる衝撃電壓波が巻線に侵入した場合には最初の數ターンの間に殆んど侵入波の波高値に等しい程度の電位差を生じ、従つて層間絶縁は極めて高い衝撃電壓に曝される事に成ります。

進行波の巻線中に侵入する情況は以上の如くであります。但し斯かる侵入波に對して回轉機の巻線を保護するには如何様にすればよいかと申しますと、勿論侵入波の波高値を出來るだけ制限せねばなりません。夫れが爲めには回轉機の端子に避雷器を設置すれば宜敷いが、然



第 1 図

し避雷器に充分の續流遮断能力をもたせる上から云つて制限電圧を無闇に低下する事は不可能であります。殊に回轉機の端子近くに接続された避雷器は回轉機自身に過電壓を誘起した場合に持続的過電壓を受けますから、此の際に避雷器が續流を安全に遮断し得る様にするには自然避雷器の制限電圧が高く成つて來ます。斯様に制限電壓を或る程度以下に低下せしめる事が困難であるとしなす、巻線の層間に加はる電壓を低下せしめる爲めには侵入波の波形の急峻度を緩和せねばなりません。夫れには回轉機の端子に静電蓄電器を設置するのが最もよい方法であります。即ち静電蓄電器を端子に置きますと、避雷器によつて波高値を低減せられた電位波は更に静電蓄電器に依つてその波形が平滑に成りますから、巻線中に侵入しても層間に加はる電壓は大いに低減せられます。

今斯かる静電蓄電器が如何程の緩和作用を爲すかを調べる爲めに第 1 圖の様な動搖インピーダンス Z_1 及び Z_2 なる二つの線路の接続點に容量 C なる静電蓄電器を設置し、 Z_1 の方から電位進行波が到來した場合 Z_2 に侵入する侵入波は如何程に成るかに就て考へて見ませう。先づ

e_i = 到來電位波 i_i = 到來電流波

e_r = 反射電位波 i_r = 反射電流波

e_t = 侵入電位波 i_t = 侵入電流波

e_c = 静電蓄電器の端子電壓

i_c = 静電蓄電器を流れる電流

と置き、接続點に於ける電位・電流の平衡の條件を與へますと

$$e_i + e_r = e_t = e_c = \int \frac{i_c dt}{C} \quad (1)$$

$$i_i - i_r = i_t + i_c \quad (2)$$

(2) 式より

$$\frac{e_i}{Z_1} - \frac{e_r}{Z_1} = \frac{e_t}{Z_2} + C p e_t \quad (3)$$

$$\text{但し } p = \frac{\partial}{\partial t}$$

故に (1) (3) の兩式より

$$e_t = \frac{2e_i}{\frac{Z_1+Z_2}{Z_2} + Z_1 C p} = \frac{2Y_1 e_i}{Y_1 + Y_2 + C p} \\ = \frac{b}{p+a} e_i \quad (4)$$

$$\text{但し茲に } Y_1 = \frac{1}{Z_1} \quad Y_2 = \frac{1}{Z_2}$$

$$a = \frac{Y_1 + Y_2}{C}, \quad b = \frac{2Y_1}{C}$$

今到來電位波を $e_i = E(\varepsilon^{-at} - \varepsilon^{-\beta t})$ なる形で表はされる衝撃電位波と考へ、之を (4) 式に入れますと、

$$e_t = \frac{bE}{p+a} (\varepsilon^{-at} - \varepsilon^{-\beta t}) \\ = \frac{bE}{p+a} \left(\frac{p}{p+a} - \frac{p}{p+\beta} \right) \\ = bE \left[\frac{\varepsilon^{-at} - \varepsilon^{-a't}}{a-a'} - \frac{\varepsilon^{-at} - \varepsilon^{-\beta t}}{\beta-a} \right] \quad (5)$$

と成り、此の式より侵入波を算出する事が出來ます。

次に數字例として送電線の動搖インピーダンス $Z_1 = 500 \Omega$ 、回轉機の動搖インピーダンス $Z_2 = 250 \Omega$ と考へ $C = 0.1 \mu F$ 、 $C = 0.5 \mu F$ なる静電蓄電器を設置した時及び静電蓄電器を全然設けない時に波高値 E_m なる直角波及び波頭 $1 \mu s$ 、半波長 $5 \mu s$ なる衝撃電位波が襲來したとして各々の場合に就て計算を行つて見ませう

(1) $C = 0.1 \mu F$ の場合

此の場合は

$$Z_1 = 500 \Omega = 500 \times \frac{1}{9} \times 10^{-11} \quad \text{C.G.S. 靜電單位}$$

$$Z_2 = 250 \Omega = 250 \times \frac{1}{9} \times 10^{-11} \quad "$$

$$C = 0.1 \mu F = 0.1 \times 10^{-6} \times 9 \times 10^{11} \quad "$$

でありますから、 $a = 0.06$ 、 $b = 0.04$ と成ります。(但し t は μs の單位で表はすものとする) 其處で直角波の場合には $a = 0$ 、 $\beta = \infty$ 、 $E = E_m$ と考へれば宜敷いから、之等の値を (5) 式に代入しますと、

$$e_t = 0.667 E_m (1 - \varepsilon^{-0.06 t}) \quad (6)$$

と成ります。

又 $1 \times 5 \mu s$ 衝撃波の場合は計算の結果

$$e_t = 1.29 E_m (\varepsilon^{-0.19 t} - \varepsilon^{-2.93 t}) \quad (7)$$

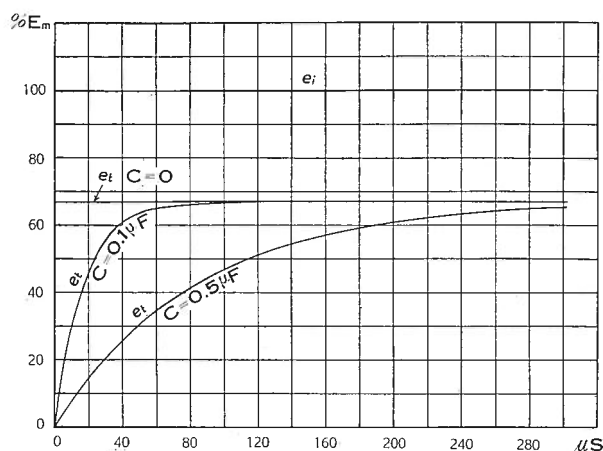
を以つて表はし得る事が判りますから、 $a = 0.19$ 、 $\beta = 2.93$ 、 $E = 1.29 E_m$ となり、之等を (5) 式に代入しますと

$$e_t = 0.0516 E_m [7.7 (\varepsilon^{-0.06 t} - \varepsilon^{-0.19 t}) \\ - 0.348 (\varepsilon^{-0.06 t} - \varepsilon^{-2.93 t})] \quad (8)$$

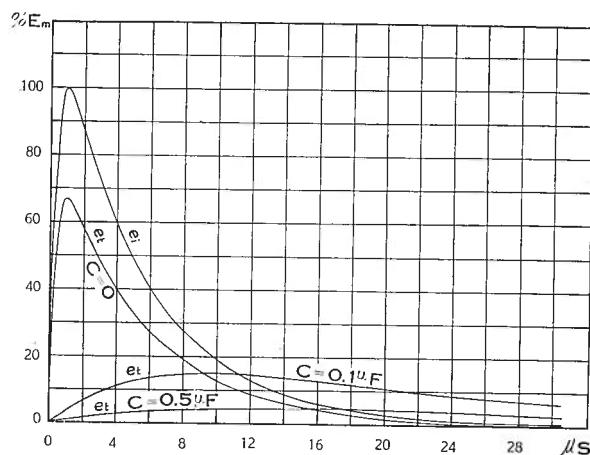
と成ります。

(2) $C = 0.5 \mu F$ の場合

此の場合は $a = 0.012$ 、 $b = 0.008$ でありますから、



第 2 圖 静電蓄電器の波頭緩和作用
(到来電位波直角波なる場合)



第 3 圖 静電蓄電器の波頭緩和作用
(到来電位波 $1 \times 5 \mu S$ の場合)

直角波の時は

$$e_t = 0.667 E_m (1 - e^{-0.012 t}) \dots\dots\dots (9)$$

$1 \times 5 \mu S$ 衝撃波の時は

$$e_t = 0.0103 E_m [5.62 (\varepsilon^{-0.012 t} - \varepsilon^{-0.19 t}) - 0.343 (\varepsilon^{-0.012 t} - \varepsilon^{-2.93 t})] \dots\dots\dots (10)$$

と成ります。

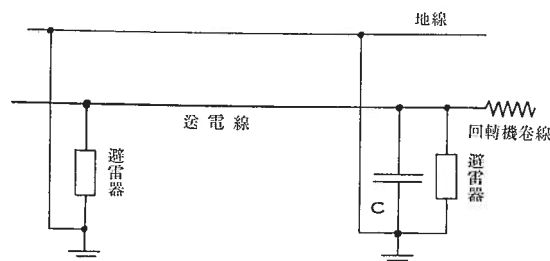
(3) $C=0$ 場合

此の場合は $a = \infty$ 、 $b = \infty$ 、 $\frac{b}{a} = -\frac{2}{3}$ でありすから之等を (5) 式に代入しますと

$$e_t = \frac{b}{a} E [\varepsilon^{-at} - \varepsilon^{-bt}] = \frac{b}{a} e_i = 0.667 e_i \dots\dots (11)$$

と成り、結局侵入電位波は到来電位波と全く同じ波形で只だ大きさが 0.667 倍に成つて居るに過ぎません。

以上によつて得た (6) 乃至 (11) 式を曲線に表はしますと、第 2 圖及び第 3 圖に示す通りに成ります。即ち此の圖より静電蓄電器が衝撃波の波形を低減緩和する上に於て相當効果のある事が観取出来ます。而してその作用は急峻な波形に對する程効果が多く、又容量が大きい程影響が大であります。然しある程度容量が増加すれば夫れ以上増しても得る利益は比較的減つて來ますから、經濟的に見て丁度適當な値で止めて置かねばなりません。更に經濟的に効果を擧げる點から云ふと、第 4 圖に示す様に避雷器を回轉機より相當離れた地點に設け、途中の線路に於ける減衰作用を利用して宜敷い。斯様に致しますと線路の遠方より到來する衝撃波は先づ避雷器の放電作用に因つて波高が低減せられ、その上相當距離を進行する内に線路の損失に因つて減衰變歪し、波高値が下ると同時に波形も緩和せられますから、回轉機の端子に



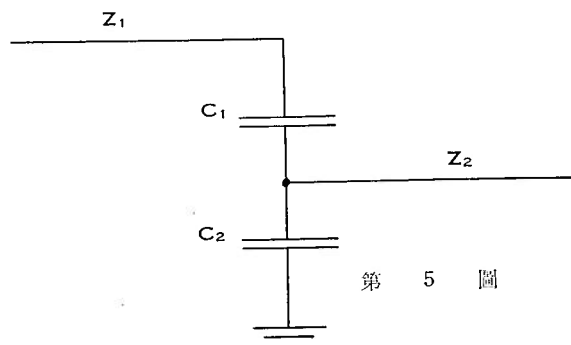
第 4 圖

到達した時には比較的小容量の静電蓄電器を以つて充分回轉機巻線を保護する事が出来ます。而して此上更に回轉機の端子に制限電壓の比較的低い特殊な避雷器を設ければ一層安全であります。又線路側の避雷器と回轉機の端子との間に異常電壓を生じた様な場合には直接高い電壓が静電蓄電器及び回轉機に加はる事に成りますから、之は出来るだけ避けねばなりません。夫れには送電線に地線を設けるのが最も良い方法であります。而して茲に使用す可き静電蓄電器の容量及び避雷器の設置點は保護す可き回轉機の電壓・容量・種類等に依つて異なる筈であります。大略下表に示す様な値を選べば先づ適當かと考へます。

電 壓	110~220 V	2,200 V	3,300 V	6,600 V	11,000 V
静電容量 毎 相	5 μF	2.5~5 μF	1.5~3 μF	0.5~1 μF	0.15~0.3 μF

變壓器を通じて回轉機が線路に接続されて居ても線路から襲來する衝撃電壓が回轉機巻線の内部迄侵入する場合のある事は既に述べた通りであります。此の侵入は一つは靜電的に行はれ、他は電磁的に行はれるものであります。即ち變壓器の巻線は第 5 圖に示す通り夫々靜電容量を有つて居りますから、線路から衝撃電壓波が高壓巻

線に向つて襲來した場合に低壓巻線には高壓巻線と低壓巻線との間の静電容量 C_1 及び低壓巻線と鐵心（大地）との間の静電容量 C_2 の値に依つて定まる或る電圧が誘起します。之が静電誘導に因る誘起電圧でありまして、その極性は到來電圧波と同じであります。又電磁誘導に因る電圧は巻線の極性・接續等に依つて異なりますが、例へば星形——三角形結線變壓器に星形巻線の回轉機が接續せられて居り、高壓側の一相から衝擊電圧が襲來した様な場合を考へますと、低壓側には相間に誘起電圧が現はれ、從つて回轉機巻線の一相は大地より高電位に、又他の一相は大地より低電位に成り、第三の相及び中性點は零電位を保つて居ります。此の内で静電誘導に因るものは普通の状態では相當高電圧を誘起しますが然しその持續時間が極めて短いのに反し、電磁誘導に因るものは



電圧は比較的低いとは云へ勢力は相當大であります。而して之等の異常電圧に對する保護裝置としても、變壓器の高壓側に避雷器を設けると同時に回轉機の端子に靜電蓄電器及び避雷器を設置すれば、充分効果がある事は明らかであります。

工作機械用誘導電動機の制御裝置

長崎製作所 大 神 朝 喜
宮 地 貞 和

緒 言

戦近工業の發達目覺しく、且現下の非常時局に直面して外國品の輸入減少し、國産品の需要著しきものがありますが、此處に述ぶる工作機械もその一つであります。工作機械なくしては重工業の生産は行はれません。實に工作機械工業の發達こそ一國の重工業引いては國力の増進を示すものでありまして、又その良否こそは生産力の上に能率増進の上に將た製品の出來榮えの上に大なる影響を與ふるものであります。從て我々電機製造業者としては如何にして工作機械の全能力を發揮せしむるかに就て、常に機械に適した電動機及制御裝置の提供に心膽を砕いて居るものであります。

一台の電動機で多數の工作機械を運轉する所謂群驅動の方式は次第に影を潜め、一機械一電動機即ち單獨驅動による傾向が盛になりました。これは能率の點・操作の簡易安全迅速なる點・或は騒音の點・更に又従業員の精神的影響等何れの點に於きましても、前者の遙に及ばざ

る處があるからであります。

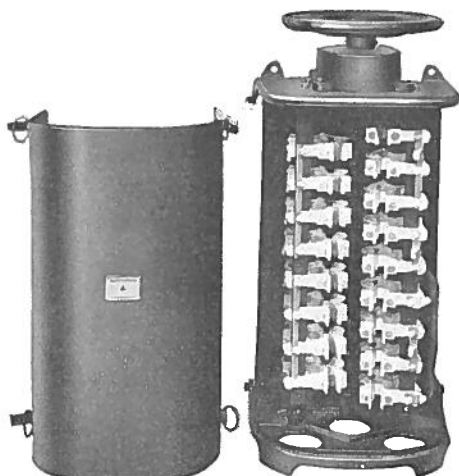
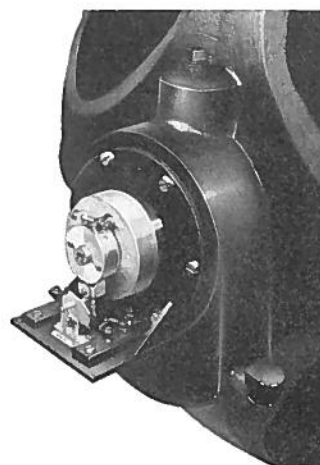
以下工作機械用誘導電動機及びその制御裝置の一般に就て述べ、併せてその一二の實例に就き論及致します。

電 動 機

工作機械に使用せらるゝ電動機は、主として分巻或は複巻の直流電動機及び三相誘導電動機でありまして、前者は速度調整が容易で頻繁に可逆轉を行ふ平削り盤等に多く用ひられてゐますが、後者に比し構造・取扱・價格等の點に難色がありますので、旋盤・ボール盤・フライス盤等大部分の工作機械には専ら後者が使用されてゐます。三相誘導電動機としましては、起動電流大きく速度調整が簡單に出来ない等の缺點はありますが、起動回轉力が大きく且頑丈でありますので、籠形殊に深溝及二重籠形のものゝ多く用ひられてゐます。巻線形のものゝ幾多の長所がありますが、籠形に比して構造複雑となり制御裝置も亦著しく複雑となりますので余り用ひられません。從て此處では籠形電動機の制御裝置に就て記述致します。



第1圖 電磁接觸器函

第2圖 極數變換開閉器
(4段速度用)第3圖 電動機に Plugging Relay
を取付けたところ

制 御 装 置

1. 起動及可逆轉の方法

起動及可逆轉には、殆ど凡て電磁接觸器を使用して全電壓起動を行つてゐます。電源等の都合上全電壓起動が望ましくない時には、一次側に直列抵抗或はリアクトル或はスターデルタ開閉器等を使用して起動電流が低下したる後加速繼電器等に依り短絡する事も出来ますが、それだけ装置が複雑となりますので、出来れば全電壓起動が最も望ましいのであります。第1圖は電磁接觸器函を示したものであります。

2. 速度變換の方法

電動機の固定子巻線の接續を變へることに依り、極數を變換して速度變換を行つてゐます。即ち單一巻線の場合には極數比を2對1にし、二重巻線の場合には各々任意の極數にして二段速度が得られます。或は又二重巻線の一方を極數比2對1にすれば 4・6・8 極等の如き三段速度が得られ、兩方を2對1とすれば 4・6・8・12 極等の如き四段速度が得られます。速度變換は電動機の巻線の都合上一般に四段速度迄でありまして、而も四段の場合には二重巻線の極數比は各々2對1で、その他の極數比のものは製作困難であります。極數變換は手動極數變換開閉器に依るものと、電磁接觸器を用ひて遠方より電磁操作を行ふものとあります。前者は取扱がやゝ不便であります。作動確實で安價でありますので廣く用ひられてゐます。後者は操作が簡單で且遠方より操作出来る便利がありますが、電動機が大容量で且速度變換の範圍が廣くなりますと電磁接觸器も大形となり數量も増します

ので高價となります。第2圖はカム型の手動極數變換開閉器であります。

3. 停止の方法

普通停止の際には起動用電磁接觸器を押釦開閉器等に依つて開路すればよいのでありますが、危険の生じた場合或は工作時間を短縮する爲に常に急速に停止し度い場合には、制動を行ひます。制動方法には機械的と電氣的の二種類があり、前者としては電磁制動機が挙げられます。之は制動の際電動機が加熱される心配はありませんが、制動機自身の調整が面倒で且 ライニング が磨耗する等の事がある爲に、電氣的によるものがより多く採用されてゐます。電氣的制動としましては逆相制動・再生制動・發電制動等がありますが、發電制動は別に直流電源を要し装置も複雑となりますので殆んど用ひません。逆相制動は停止の際逆轉用電磁接觸器を入れて電動機の回轉方向を變へるのでありますから、逆回轉力に依り電動機は急速に停止しますが、その間電源より電力を受け之が全部電動機内にて熱損として失はれるのでありますから、電動機が過熱する懼があります。然し制動を頻繁に行はない限りは制動時間も短いので大した問題はなく之に要する装置及び操作等頗る簡單でありますから廣く用ひられてゐます。但し制動の際逆回轉方向に切換へられるのでありますから、そのまゝ放置すれば一旦停止後再び逆方向に回轉を初めますので、逆轉防止繼電器を設けて逆轉を防止してゐます。第3圖はこの繼電器を電動機軸端に取付けた處であります。

次に再生制動は多段速度電動機の場合に行ふことが出

来るものでありまして、例へば操作開閉器の把手を順次高速より低速へ移しますと低速の同期速度以上にて回生制動が行はれ、最低速度にて逆相制動を併用致しますと、高速より直ちに逆相制動を行ふより遙に電動機内の損失が少くなる利点があります。

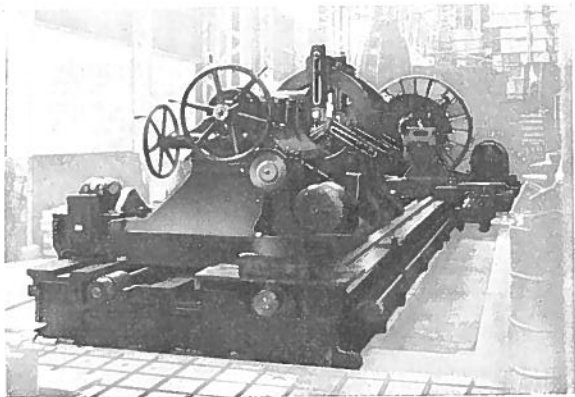
4. 操作方法

電磁操作の場合に押釦開閉器に依るものと、操作開閉器に依るものとがありますが、前者は取付が簡単で容易に數量を増す事が出来ますので、大型旋盤等にて數箇處より操作する場合等には便利であります。複雑な操作で押釦の数が多くなりますと誤操作をする機会が多くなる缺點があります。この點操作開閉器に依るものは都合がよく、且把手の位置により運轉中の回轉數を知ることが出来る等の便利があります。

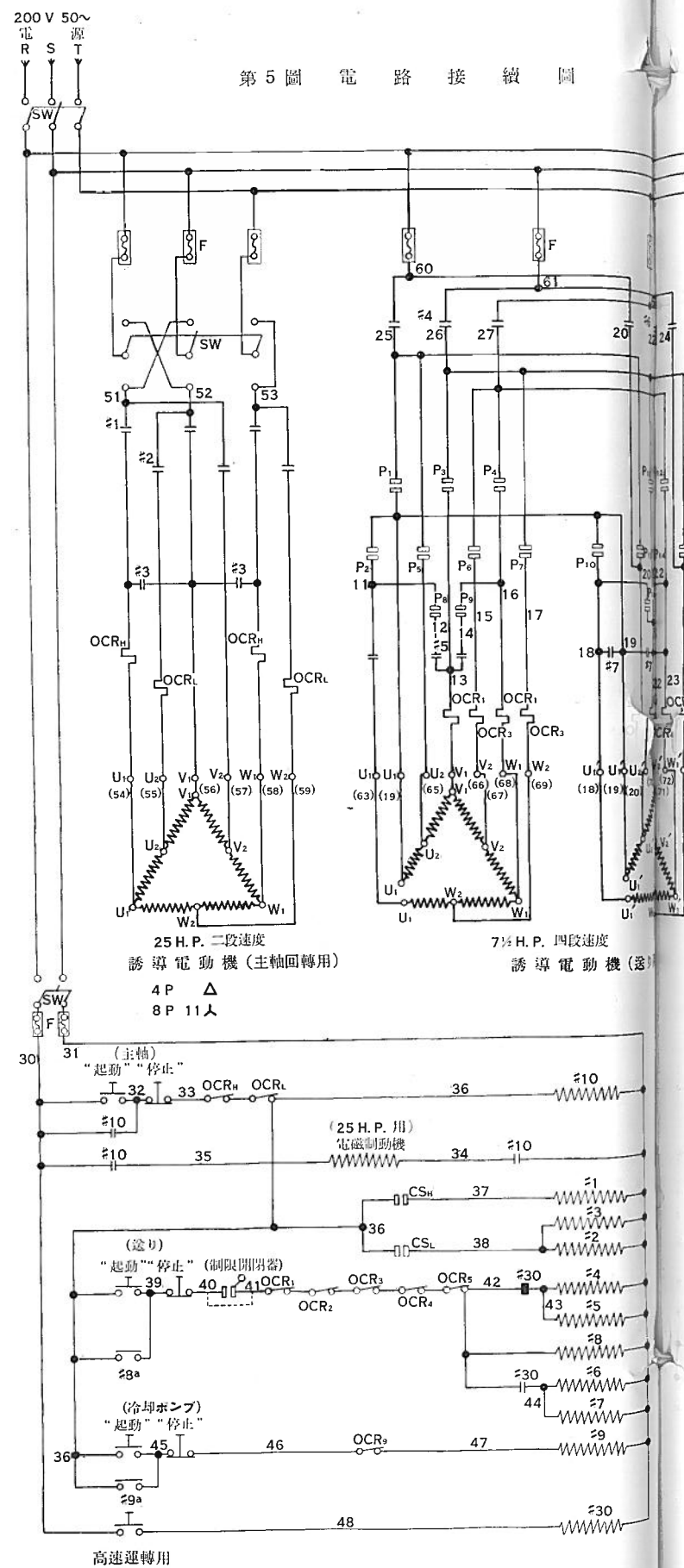
實 施 例

次に一・二の實例に就て説明致します。

1. 第4圖はスイング 96 吋台床の長さ 45 呎の大型旋盤でありまして、主電動機は 50 H.P. 220 V 60 ~ 450/600/900/1200 r.p.m. の四段速度・定出力・連続定格開放型二重籠形誘導電動機で、齒車装置に依り主軸の回轉數は毎分 0.5 乃至 50 迄 16 段に變化する事が出来、附屬回轉計にて主軸の回轉數を読むことが出来ます。第6圖は主軸台及主電動機を示したものであります。この外に、心押台及び往復台早送り用として 3 H.P. 1800 r.p.m. のもの 3 台・冷却ポンプ用として 1 H.P. 1800 r.p.m. のもの 1 台・及び研磨装置用として 5 H.P. 1800 r.p.m. のもの 1 台を備へてゐます。何れも籠型電動機でありまし



第4圖 大型旋盤



て、押釦開閉器により全電壓起動を行つて居ります。

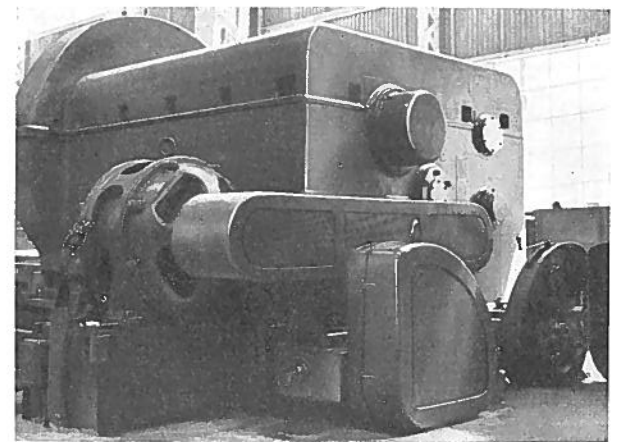
主電動機の起動・停止は台床の下に設けられたトロリー線を経て、主軸台・往復台(前後各 1 台)・心押台の 4 箇所に設けられた押釦開閉器により操作出来る様にしています。速度變換は手動極數變換開閉器により 16・12・8・6 極に切換へて四段速度を得る様にしています。又工作機械ではよく寸行を必要とします本機では主軸台に取付けられた押釦開閉器にて行ふ様にしています。

1/2 H.P. 油ポンプ 1/2 H.P. 冷却ポンプ
誘導電動機 誘導電動機

普通停止用押釦の外に非常停止用押釦を設け逆相制動により急停止を行ふ様にしています。逆轉防止繼電器を備へてゐる事も申す迄ありません。制御函は据置型で表示燈・主幹双型開閉器・可逆用電磁接觸器・補助繼電器・電流計・熱働過負荷繼電器及び短絡保護用として包装可熔器をも備へてゐます。本機は當社神戸製作所へ据付けた物でありまして、機械部分は唐津鐵工所製であります。

2. 次に、インガーソル會社製平削型フライス盤用電氣品に就て説明致します。大きさは 30 吋×30 吋×8 呎でありまして、主軸は 25 H.P. 200 V 50 ~ 750/1500 r.p.m. の二段速度・定出力・連続定格・開放型深溝籠形誘導電動機で運轉し、電磁制動機を備へてゐます。又送り用として、2.5/3.7/5.0/7.5 H.P. 500/750/1000/1500 r.p.m. の四段速度・定回轉力・連続定格・開放型深溝籠形誘導電動機を備へ、齒車装置に依り毎分の送りを 1 吋乃至 24 吋迄 12 段に變化する事が出来ます。この外、油ポンプ及び冷却ポンプ用として 1/2 H.P. 籠形電動機各 1 台を備へてゐます。

制御は凡て押釦開閉器に依るものでありまして、各電動機を運轉するに必要な器具は凡て制御函に納めてゐます。即ち、主幹双型開閉器及び制御回路用包装可熔器・附双型開閉器を初めとして、主軸電動機用として正逆回轉切換用双型開閉器・包装可熔器・熱働過負荷繼電器・高



第6圖 主軸台及主電動機

速低速切換用開閉器・高速低速運轉用及び電磁制動機用電磁接觸器及び起動停止用押釦開閉器を備へ、送り電動機用には包装可熔器・熱働過負荷繼電器・手動極數變換開閉器・常規運轉用及び最高速度運轉用の電磁接觸器・補助繼電器・押釦開閉器等を、又油ポンプ用には前者同様の保護装置及び運轉用電磁接觸器を、冷却ポンプ用にはこの外に起動停止の押釦開閉器を備へてゐます。この内、各押釦開閉器・主軸用高速低速切換開閉器及び送り用手動極數變換開閉器用把手等は函の前面に出して操作に便ならしめ、又函の前後には扉を設け器具の點檢を容易ならしめてゐます。

第5圖はこの電路接續圖を示すものでありまして、圖中 #1 乃至 #10 は電磁接觸器であります。今主軸用切換開閉器を CS_H 或は CS_L の何れかに閉ぢ、主軸用の“起動”押釦を押しますと、#10 が閉路して電磁制動機が弛められると同時に #1 或は #2 #3 が閉路して、主軸用電動機は 4 極或は 8 極にて運轉します。又送り用の“起動”押釦を押しますと、#4・#5 が閉路して極數變換開閉器の位置に應ずる速度にて運轉すると同時に必ず #8 が閉路して油ポンプ用電動機が運轉を初めます送り電動機が或る速度にて運轉中に高速運轉用押釦を押しますと、押してゐる間だけ #30 が閉路して #4・#5 が閉路すると同時に #6・#7 が閉路して最高速度で運轉致します。冷却ポンプ用“起動”の押釦を押しますと #9 が閉路して冷却ポンプ用電動機が運轉しますが、之等の補助電動機は主軸用電動機が運轉中でなければ運轉出来ず、且同電動機が過負荷すれば全電動機を停止する様にしています。

NF 型 ノーフューズ分電盤

名古屋製作所 篠崎善助

NF 型 ノーフューズ分電盤の詳細構造に就ては既に本紙上で紹介いたしました、其後需要の増加につれて大容量の主回路遮断器が要求せられ、又分電盤以外に工業用及び配電盤用遮断器等として多方面に使用せらるゝ様になつて参りましたから、本文に於ては新に開発した大容量遮断器及び分電盤以外への應用に就て紹介すると共に、分電盤設計上の要點を附記して御使用上の参考に致し度いと存じます。

屋内配線器具としての分電盤

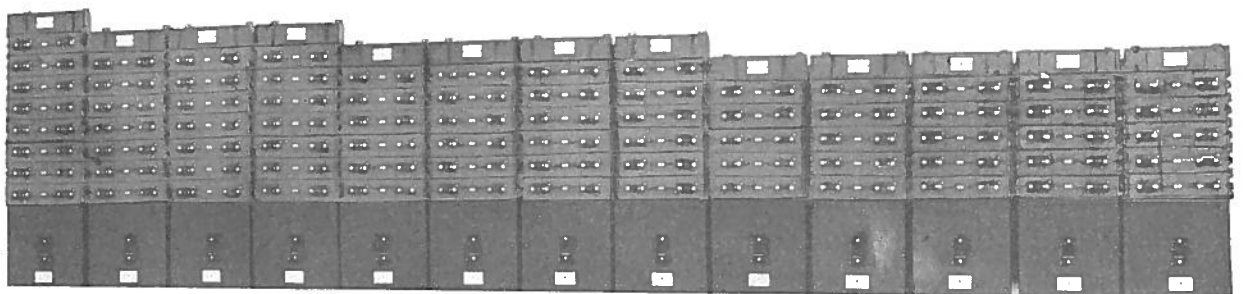
屋内配線器具としての分電盤は、大規模な建築物が作られ電気設備がその建築の存在価値の生命となつて來た今日に於ては、或は照明の光源としての電燈に、諸機械の原動力としての電動機又は熱源としての電熱器に、電氣を供給すべき分電盤の使命も自ら高く評價せらるゝ様になつて参りました。大理石盤に双型開閉器を取付けたものを木箱内に納めて分電盤とした時代から、鐵函内に大理石盤を取付けそれに母線配置と双型開閉器及び可熔器とを配列した分電盤に進み、最近ではタンブラースキツチと栓型可熔器との組合せた分電盤用ユニットスキツチが使用せられて居りますが、自動遮断器として使用する栓型可熔器や筒形可熔器は分電盤保守上最も厄介なもので、この可熔器を全々使用しない便利な熱動遮断器を使用した NF 型 ノーフューズ分電盤は、上記の諸缺點を除き保守の立場からも經濟的立場からも最も優れた最新の分電盤と言ひ得るものであります。

分電盤は電氣室の配電盤から來る幹線を電燈及び動力に至る分岐線に接続するに使用せらるゝもので、電燈用として普通單相三線式又は單相二線式、動力用として三相三線式が使用されます。各階に設ける分電盤は幹線の立上り箇所近く設置せられ、最も取扱の便利な所に設けられねばなりません。従つて人目に觸れ易いものでありその外觀体裁には充分留意されなければならない事は言を要しませんし、又電氣的には最も安全なものでなければなりません。

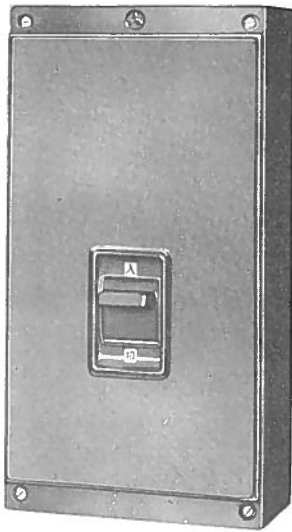
225 A ノーフューズ回路遮断器の構造

單極及び二極分岐遮断器及び 100 A 主回路遮断器の構造に就ては既に紹介してありますから 225 A 主回路遮断器に就て主なる構造を述べることに致します。

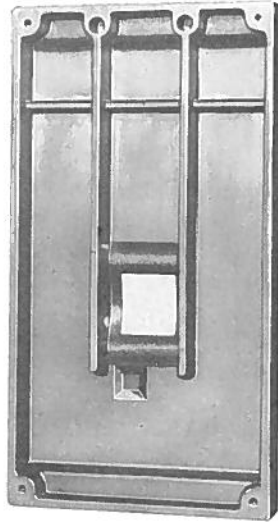
第 2 圖は 225 A 遮断器の外觀を示し第 3 圖はその内部構造を示すものであります。この遮断器の構成は 100 A 遮断器と全く同様で、作動中性線を往復するバネの力に依つて早入早切操作せられる開閉機構と、熱動過負荷繼電器及び短絡保護に用ひられる電磁引外装置との組合せであつて、大容量に適する構造となつて居ります。機構及び繼電器は高級耐熱ネリモノ内に納められ、接觸子は主接觸部と補助接觸部とよりなり（100 A 遮断器では補助接觸を設けない）、主接觸は銀と銀との組合せを採用し補助接觸には耐電弧材として特殊の合金組合せを使用して居ります。この補助接觸は遮断器が閉ぢて居るときには開いて居り遮断器の開路の初めに主接觸が回動して補



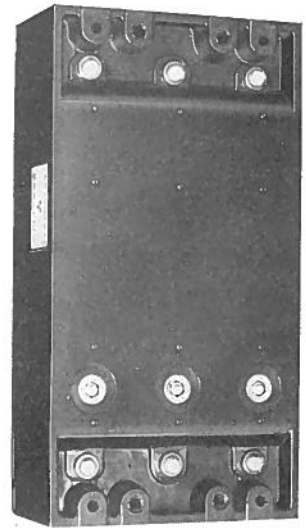
第 1 圖 ノーフューズ分電盤中味組立（主回遮断器は三相三線式用）



第2圖
225Aノーフューズ
分電盤用主回路遮断器



第3圖
225A遮断器内部(中央二個)



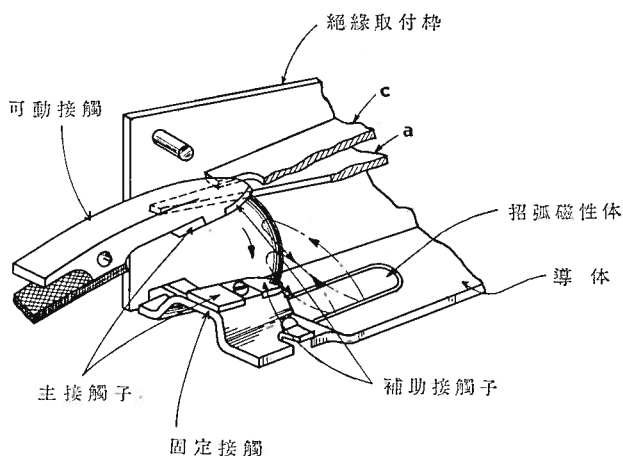
第4圖
全裏面

助接觸が確實に接觸し主接觸が離れた後に補助接觸が開かれる様開閉機構が設計せられて居りますから、接觸部分に有害なアークは耐電弧材で出来て居る補助接觸に課せられる様になつて居ります。

遮断器の定格は小型遮断器と同様に繼電器の定格電流を以て遮断器の定格を稱呼することゝして 100A・125A 150A・175A・200A・225A の六種類とし特に型を揃へる必要があれば同一の大きさの遮断器で 100A 以下即ち 50A・75A・100A のものも作ることが出来、又導電部分は總て 225A を安全に通し得る設計となつて居ります。

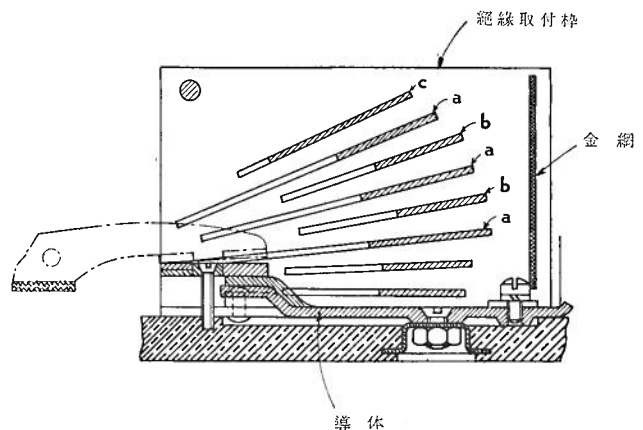
1. デアイオンアーク消装置

この回路遮断器では接觸間に生じたアークを速に消滅させる爲にデアイオンアーク消装置が設けられてゐます



第5圖 デアイオンアーク消装置

第5圖に示すのがこれで、大電流に適する様特殊の考慮が拂はれて居り、絶縁棒間に支へられたV字形の溝を設けた數枚の磁性材料で作つたデアイオングリッドが接觸子の運動方向に並べて取付けられ、固定接觸子の取付けられる導体には切込み部分を作り、この部分に招弧磁性体(鐵製)が嵌込まれて居ります。デアイオングリッドは末廣形に絶縁棒に取付けられV字形の溝はグリッド一枚置きに切込深さの異なるものを配置してあり、第5圖及び第6圖に示す如く a₁ 溝の頂點は b の溝の頂點よりもアークの初發路に近く配置せられます。回路遮断器の開放せらるゝ運動即ち固定接觸より可動接觸が離るゝ運動の初期に、先づ接觸腕が上方に回轉せられ可動接觸子の尾端は接觸壓力を與へて居る平バネに依つて持上げられ、接



第6圖 デアイオンアーク消装置

觸子の先端は下方に回轉して先づ補助接觸子を確實に接觸せしめ、次に主接觸子を切離し腕金は接觸子全体を支へながら開放位置に作動せられます。斯くて補助接觸子間にはアークが生じ急速に伸張せられますが、アーク発生と共にアーク消装置はデアイオングリッドの磁氣的効果に依り、アークは弓狀に彎曲せられ伸張せらるゝと同時に、固定接觸部の上に設けた招弧磁性体の磁氣的効果によりアークの一端は補助接觸子から速に招弧磁性体に引き下され、アークの長さをも更に一層伸張せられます。一方可動接觸子上のアーク端も亦アーク消装置のグリッドの磁氣的効果に依つて頂板に移され、グリッドの磁氣リアクタンスに依つてグリッドの溝内に浸入し、先づ a 板に突き當り aa なるグリッド相互間のアークに分割せられ、次に b¹ なるグリッドに依つて ab・ba なる短小アークに分割せられ末廣形に配列せられたグリッド間を進行しつつアークの長さを増し、グリッド毎のアークの陰極降下を利用して急速に消滅せられます。グリッド上部に設けた金網はアーク消から放出する高温瓦斯を冷却する爲めに用ひられます。

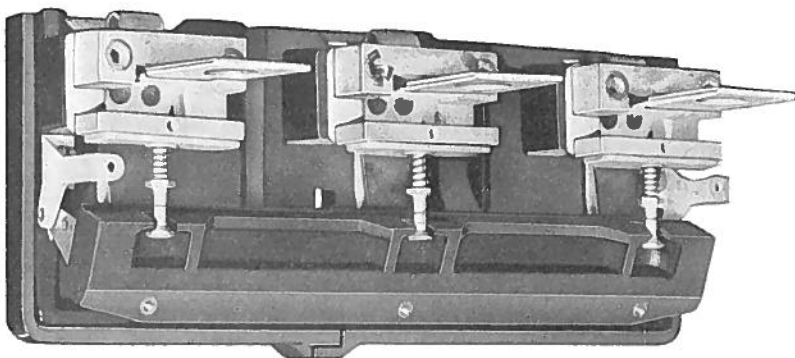
2. 熱動繼電器

第7圖はこの回路遮斷器の熱動繼電器部分、第8圖は加熱子とバイメタルとの組立を示すものであります。小容量遮斷器ではバイメタルを加熱するのに、バイメタルを回路に直列に入れてバイメタル自身の抵抗に依るワット損失に依つて加熱する構造としてありますが、大電流のものには傍熱型即ち加熱子を別個に設けバイメタルをその加熱子にかしめ傳導熱と副射熱とを利用する方法を採つて居ります。第8圖に示す様に加熱子に短冊形のバイメタルがかしめられ、このバイメタルの上端が絶縁物

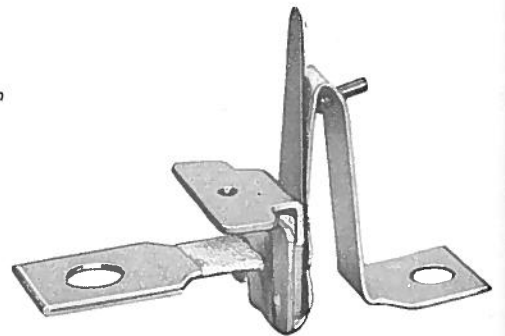
の共通引外しの釦を押す様になつて居ります。短絡保護装置は導体の周りにコの字形の電磁石を設け、電磁子は共通引外しの溝部分に嵌込まれた棒で吊下げられ常時はバネの力で引上られて居りますが、一旦短絡が起つて導体に短絡電流が流れると、電磁石は電磁子を吸着けるに十分な吸充引力が生じ、バネの力に抗して電磁子を下方に吸着けます。これに依つて共通引外しは軸を中心として回轉せられ、開閉機構との掛合を外して速に回路を開きます。短絡保護装置は定格電流の約 10 倍の電流で動く様に調整せられ、熱動繼電器と相俟つて如何なる故障に對しても安全な遮斷を致します。

分電盤以外への用途

ノーフューズ遮斷器は單に分電盤の分岐や主回路用として使用するばかりでなく、配電盤や一般工業方面の電動機起動用としても使用せられ、低壓配電盤としては目下建築中の JOAK 會館にノーフューズ遮斷器を以て構成した配電盤を多數納入することとなり、鋭意製作中であります。又フューズ取換等に不便な滿洲奥地にはノーフューズの利點が買はれて既に多數納め好成绩で運轉して居ります。分電盤の主回路用には接續表のものが用ひられ配電盤には裏接續のものが用ひられますが、ベースは第4圖の様に作つて表接續でも裏接續でも簡単に出来る様になつて居ります。配電盤への取付は長さ 150 耗・200 耗・250 耗の接續棒を用ひ裏から母線接續が出来、點檢は母線に無關係に表板を取外せば直ちに内部の點檢が出来る様に作られ、双型開閉器と可熔器とを使用した盤面に比較して表面には把手のみが現れ、手際良く且つ遮斷器相互間の距離を能率良く配置することが出来ます



第7圖 熱動繼電器



第8圖 熱動繼電器加熱子組立

分電盤設計上の要點

分電盤用・配電盤用及び一般工業用としてこのノーフューズ遮断器を使用する場合に注意すべきことは、熟手段に依つて自動的に回路を遮断する機器であることで、次の諸点を充分考慮して設計せらるべきものであります

1. 周囲温度に依る直接の影響
2. 最大安全電流に対する周囲温度の影響
3. 作動時間に及ぼす周囲温度の影響
4. 外函の構造に依る影響
5. 分電盤の如く遮断器群として組立する場合の影響

1. 周囲温度に依る直接の影響

小容量の遮断器の熱要素は直接バイメタルに電流を通ず直接加熱子を取り、大容量遮断器では別個に加熱子を設け熱傳導に依る方法を採用して居り、前者は分岐遮断器と 100 A 遮断器の一部に、後者は 100 A 遮断器の一部と 225 A 遮断器の全部とに採用して居る方法であります。加熱方法の如何は單に遮断器の遮断動作の時間要素に影響するのみで、周囲温度や他の外部熱に依つて材質的な變化は起りませんから、周囲温度の變化に依つて遮断器の容量が如何に影響せらるゝかを決定することが出来ます。

總て遮断器は或る定つた温度で作動する様に設計せられて居りますから、周囲温度の影響は單に作動するに必要な温度上昇の増減を來すのみであり、その温度上昇はワット損失の函數で且つ全部が抵抗損失でありますから電流の自乗に比例するものとして表はすことが出来、定格は作動に必要な温度上昇の平方根で表はすことが出来る譯であります。

即ち

$$R_A = R_0 \sqrt{\frac{T - T_A}{T - 24}}$$

但し R_A = 周囲温度 $A^{\circ}\text{C}$ に於ける定格

T_A = 周囲温度 $^{\circ}\text{C}$

T = 引外し温度 $^{\circ}\text{C}$

24 = 常規温度

R_0 = 24°C に於ける常規定格

實際製作に於てはバイメタルの抜型の數から制限を受けるし、又バイメタル（大容量遮断器では加熱子）の固有抵抗に就ては材料から制限を受けますから、遮断器の總ての型及び定格に就て同一の有利な條件を得ることは

至難であります、多少の例外を除いては或る温度上昇の平均値を用ひれば實際的には殆んど誤差のない結果が得られます。

これ等遮断器の試験の結果常規温度を 24°C とすれば使用せられる周囲温度 0°C から 50°C までに於ては $1.5 \sim 2^{\circ}\text{C}$ の變化に對して定格が 1% 變化する事が知られました。

2. 最大安全電流に対する周囲温度の影響

この遮断器を周囲温度に全く無關係な一定温度中で使用するとすれば、高い周囲温度中で使用しても何等の影響をも受けない事は明であります、斯る事は望み得ない事で、一定の温度上昇を基準として設計せられた遮断器は當然最大安全電流も使用温度に依つて多少變更せられなければなりません。一方分電盤に使用せらるゝ場合を考へますと導線の安全電流も使用温度に依つて支配せられますから、或る高い温度に使用する場合には一段太い導線を使用せられると同時に一段上の遮断器を選定する必要があります。

3. 作動時間に及ぼす周囲温度の影響

作動時間（引外し時間）に對する周囲温度の影響は常規温度に於ける作動曲線から、特殊の周囲温度の作動時間を求める事が出来ます。或る周囲温度に於ける過負荷を % で表はし常規温度の場合に換算して常規温度の作動曲線から求めます。例へば常規温度に於ける遮断器の定格を 100 A とし、或る高い周囲温度で 90% 定格即ち 90 A で使用しなければならない状態では 90 A の 2 倍の電流即ち 180 A に對する作動時間は常規周囲温度で使用了場合の 100 A の 2 倍即ち 200 A の引外し時間に相當致します。高い周囲温度で記銘定格の 2 倍即ち 200 A が通つた時には作動時間は短くなり、その電流は常規温度で $200 \times 100 / 90 = 225 \text{ A}$ の電流が通つた事になり、過負荷を % で表はした常規温度の作動特性曲線に於て 225% 過負荷の作動時間で作動することになります

4. 外函の構造に依る影響

遮断器の大部分は函内に納めて使用せられるものでありますから、其結果遮断器は函内の温度で作動するもので函外の周囲温度で作動するものではありませんが、然し遮断器の作動を決定する函内の温度は又函外の周囲温度に左右されます。

函内の温度はその構造にも依りますが一般に函外温度

よりも $25^{\circ}\text{C} \sim 45^{\circ}\text{C}$ 高いものと考へられ、密閉した函・防湿防塵の函及び小型な函では高い方に近く、通風のある函・隙のある函及び大型の箱では下の方に近い温度をとれば宜しく、又金属性の函と木製の函又は熱の不良導体で作られた函とでは相當の違いが生じます。

分電盤では一般に埋込型と壁掛型の二通りが作られ、埋込型では放熱面積が制限せられ函内温度は壁掛型に比し著しく高いものです。遮断器を外函に納める場合には使用する函の構造と周囲温度との關係を充分に考へて、遮断器の定格にある程度の餘裕をとらなければなりません。定格の一杯々々まで使用する時は満足な動作をしない事が起り得るかも知れません。

5. 分電盤の如く遮断器群として組立する場合の影響

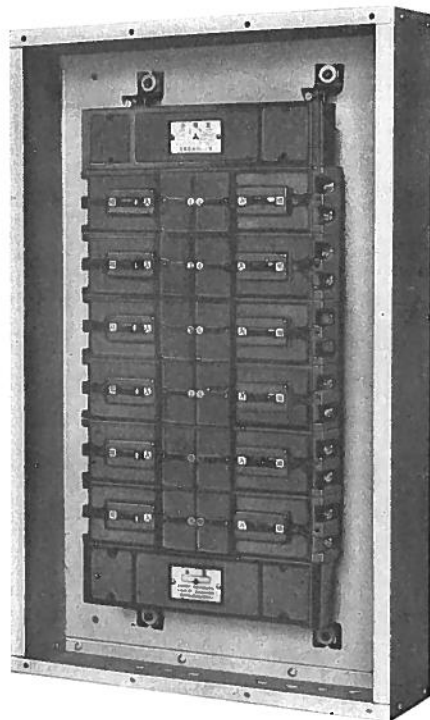
熱に依つて動作する遮断器を澤山同一函に納めて一群として使用する場合には色々な悪条件が伴ひ、一群として使用した状態では一遮断器としての放熱面積を減ずるばかりでなく、外函に對する一遮断器當りの放熱面積の減少と言ふ問題が起つて参ります。分電盤では最大 40 個の遮断器を一群に纏めて使用しなければならないので（單極分岐遮断器は最大 40 個まで組立の様設計して居ります）外函の單位遮断器當りの放熱面積は、單獨遮断器を外函に納めた場合の放熱面積に比し著しく減少せられます。

熱に關する問題は單純なものではなく、函の上部に於ては熱の蓄積が大でこの部分に熱が籠り、且つ組立られた遮断器に就ては回路の負荷状態に大に關係いたします。負荷率・負荷の集中及び各回路の實際負荷は餘りに條件が多過ぎて一概に論ずることは出来ませんし、又分電盤設計の場合には詳細仕様が全く判然しない場合が多いので、此等の問題は充分なる研究と明確なる判斷と經驗とに俟つ以外に道がない様に考へられます。

主回路遮断器を持たぬ埋込型分電盤は最悪の條件を持つて居りますが、主回路遮断器を持つた壁掛型の分電盤は、熱の放散に充分な分電盤表面積を持ち過熱の問題は比較的尠い様であります。如何なる分電盤も母線の定格電流が設備回路の極めて僅かな分岐回路に分擔せられ、分岐回路遮断器の定格電流値近くで集中せられる場合もあり、又設備回路全部に分岐回路遮断器の定格電流に對して比較的僅かな負荷電流が分散される場合もあります。負荷が一部に集中せられることは加熱の原因になります。

から使用せらるゝ場合には出来るだけ負荷が分散せられる様に接続すべきであります。電燈回路にだけ使用せらるゝ場合には一分岐回路に $5 \sim 6 \text{ A}$ 以上の負荷電流の通る事は比較的尠いので一分電盤として組立る分岐回路数は 40 回路まで作つて居りますが、分岐遮断器が其の最大定格電流近くまで負荷せらるゝ電力用分電盤では、その最大回路数を多少減少しなければなりません。併し經濟的立場からは全負荷で使用する分電盤は低い部分負荷で使用せられる分電盤よりはより經濟になります。

分電盤の如く遮断器が一群に組立られる場合の合成熱の問題は負荷率の立場から考察するのが最善の方法でありまして、或る與へられた負荷を出来るだけ少數の回路に集中する場合の温度上昇は全量の負荷を組立た分岐回路全汎に均一に負荷する場合の 2~3 倍にも達します。電燈電熱に供給する小型埋込型の分電盤（4 回路から 10 回路程度）は常規周囲温度で負荷率 50 %迄、12 回路から 32 回路までは 35 %迄、それ以上 40 回路までは負荷率 25 %を超えない様に設計せらるべきであります。デパートの様に夜間營業の時に全負荷がかかる様な所に使用する分電盤は特殊の場合として考へなければなりません。又常規周囲温度よりも甚しく高い温度で使用せらるゝものには、第一に一段上の定格の遮断器を、第二に



第 9 圖 外函への取付を示す

一段太い分岐配線を使用して總ての點で最善である事を心掛ける事が大切で、取付方法からは主回路遮斷器を分岐回路遮斷器の上方にある様にすべきであります。

配電盤組立は一般に櫓窓や金網張りの窓が設けられ放熱面積も比較的多く熱の放散し易い構造となつて居りますから常規周圍溫度で負荷率 75 %、高い周圍溫度で 50 % を採るのが適當であります。

分電盤の設計に當つては以上に要點として述べた事柄を充分考慮し且つ御註文の仕様に出来るだけ添ひ得る様に努力して居り、技術的立場からは勿論その使用せられる場所に適合する様、体裁上の問題も充分考慮して製作いたします。分電盤の外函は一般に埋込型とせらるゝ場合が多く、コンクリート内部に据付られる關係から防錆に充分留意して防錆鍍金を施し、据付の時に函が多少歪んで据付られても分電盤の中味は正しい据付となし得る様調整の出来る取付枠を使用し、扉の取付も正しい外觀となし得る特殊の締金を使用して居り、取外しも極めて簡単に出来る様になつて居ります。(第 9 圖参照)

分電盤設計上の要點は直ちに使用上の要點となるものであつて、殊に使用する場所の詳細が設計者に判然として居らない場合には、此等の要點を充分承知して戴かねばなりません。舊式の双型開閉器と可熔器との組合せの

分電盤でも可熔器の特性に就ては同様の問題が起り得る事でありまして、今日迄餘り問題にせられなかつたのは分電盤に就て餘り關心を持たれなかつたことゝ、配線保護と言ふ様な事が重視されないでゐた爲で、可熔器が熔斷すると取換等に厄介な爲めに必要以上の太い可熔片を入れ放しにして顧られなかつた様な事さへあつたのではないと思はれます。

結 言

今や NF 型 ノーフューズ分電盤は大容量遮斷器の開発を終り、如何なる用途の分電盤も御註文に應じ得る様になり、而も更に鋭意改良に努力して居ります。低壓配電盤用としては据付面積の節約と從來の双型開閉器と可熔器とを使用した盤面の不体裁を除く事が出来、且つ操作が安全で確實でその上點檢の容易なものが作られます。一般工業用として ノーフューズ遮斷器を電動機の起動用に使用する場合には、起動時の過大電流に依つて作動せず、限時特性に依つて適切な遮斷をなす熱動過負荷繼電器と短絡保護裝置とを備へてゐるので信頼して使用する事が出来、多少設備費が高むかも知れませんが、保守の立場から可熔片の取換へが全々なく却つて得策となるものと信じます。

昭和十三年六月廿八日 印 刷
昭和十三年六月 卅 日 内務省納本
昭和十三年七月 二 日 發 行

【本誌代價】 壹部=付 金 貳 拾 錢
(郵 税 不 要)

編 輯 兼
發 行 者

印 刷 者

印 刷 所

發 行 所

神戸市兵庫區和田崎町 三菱電機株式會社神戸製作所内
稻 垣 健 三

大阪市東區北久太郎町一丁目一六
久 保 專 治

大阪市東區北久太郎町一丁目一六
サ ン 製 版 印 刷 所

神戸市兵庫區和田崎町三丁目
三菱電機株式會社 神 戸 製 作 所