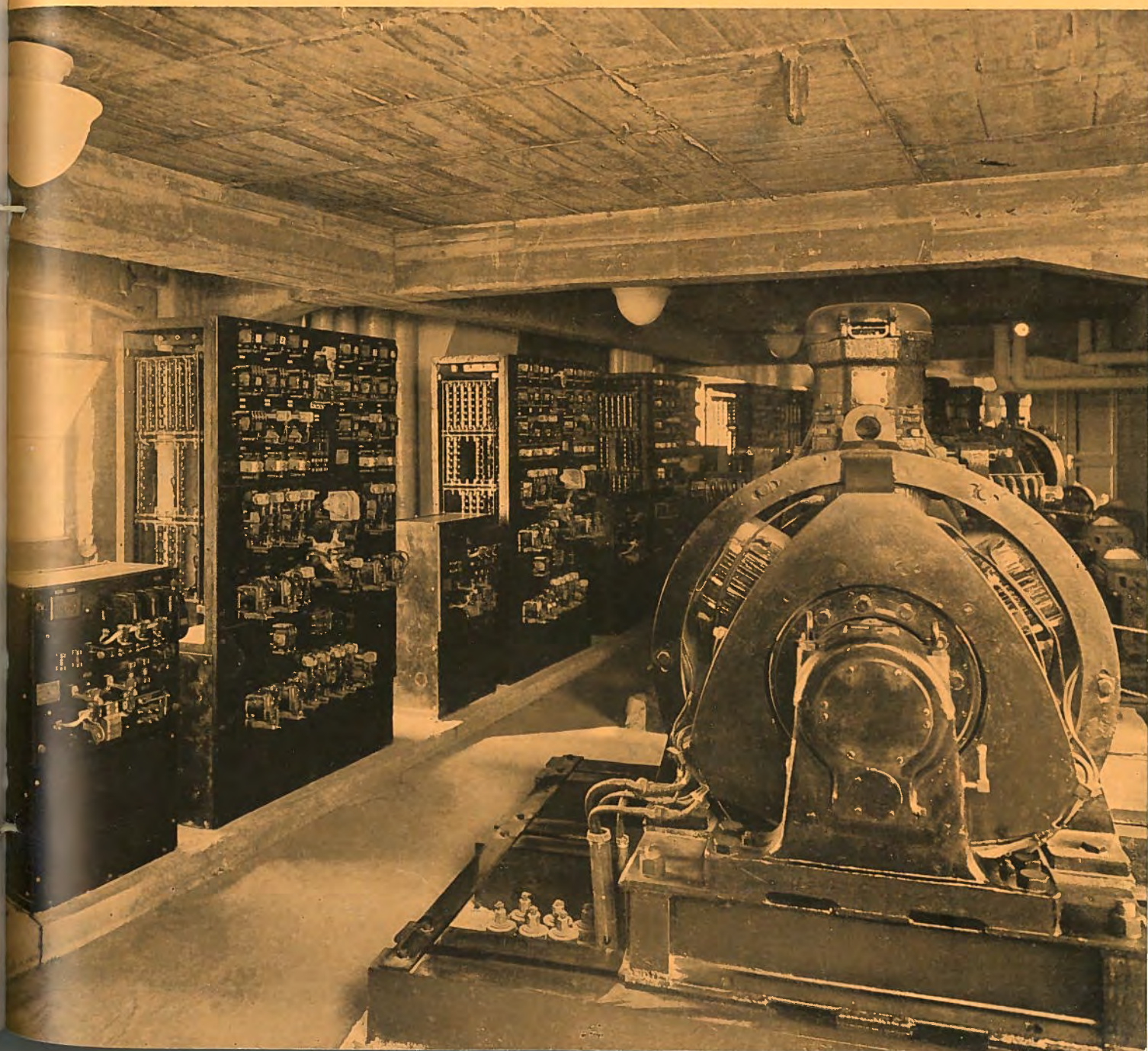


三菱電機

昭和十一年 第十二卷 第八號 十月

京都丸物百貨店へ納入の容量 1,250 瓩、速度毎分 106 米、齒車無し自動着床式、可變電壓エレベータの機械室であります。最高級のエレベータとして弊社が最大の努力を拂つて製作、納入したものであります。

三菱式低周波誘導電氣爐	121
14,500 kVA 水車直結交流發電機	128
NF 型 分電盤に就いて	134



三菱電機

第十二卷

昭和十一年十月

第八號

三菱式低周波誘導電氣爐

變壓器設計係 田 宮 利 彦

緒 言

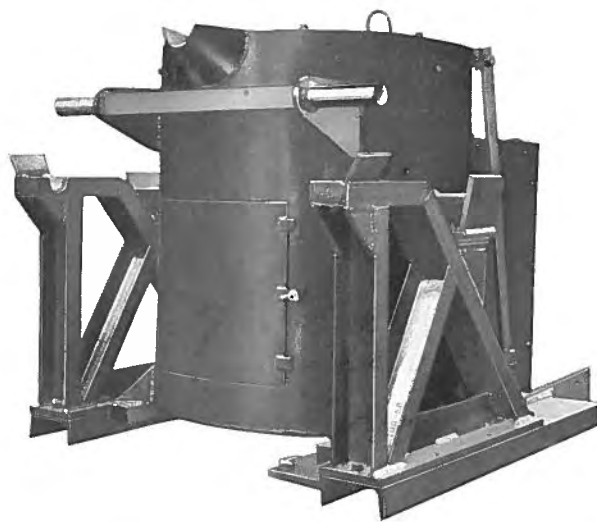
誘導型電氣爐の加熱原理は普通の變壓器と全く同様であつて、一次線輪より加へられた電力は二次側に誘導されるもので、唯異る處は加熱熔解さるべき材料自身が短絡二次線輪を形成する點である。従て電氣的特性は此の裝入加熱材料の形狀、性質及び溫度等によつて大いに變化するものである又斯くの如く裝入物自身が發熱加熱されて行くから、他の型式の電氣爐即ち弧光式、抵抗式加熱爐、並に他の總ての燃料加熱爐の如く副射や傳導による加熱法に比して熱能率が斷然良好であり、加熱速度も速く、且容易に非常なる高温を得られる點は誘導電氣爐の一大特徴である。

誘導電氣爐の種類

誘導電氣爐には各種の型式のものがあつたが、先づ構造上より見て一次線輪と二次線輪とを結合する磁路に鐵心を有するものと然らざるもの、即ち鐵心型 (Iron Core type) と無鐵心型 (Air Core type) とに大別することが出来る。

1. 鐵心型誘導電氣爐

- a. ローデン、ハウゼル型 (水平環狀型)
- b. アジヤックス、ワイヤット型 (垂直環狀型)
- c. ルス型 (水平環狀型)



第 1 圖 三菱式低周波誘導電氣爐

2. 無鐵心型誘導電氣爐 (坩堝型)

- d. 高周波誘導電氣爐
- e. 三菱式低周波誘導電氣爐

又使用する電力の周波數より見て、これを低周波及び高周波爐に區別するが、その限界は不明分で、一般に 50 又は 60 サイクルの所謂商用周波數の普通電力を使用し得るものを低周波爐と云ひ、これ以上の特殊の電源を具有

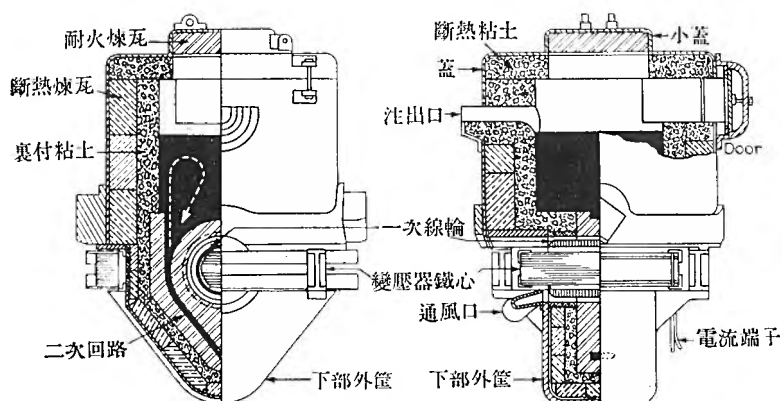
するものを高周波爐と稱する。上記區分中の (b)、(c)、(e) の各種の爐は普通は商用周波數を以て運轉され、(a) 爐は特に力率を良好ならしめるために 25 サイクル又は其れ以下の低周波で使用される。高周波爐は容量によつて使用周波數を選定されるもので、20 珎以下の小型實驗爐には數萬乃至數十萬サイクルが使用され、工業用大型爐に於ては 500 サイクル及び 1000 サイクル等が普通に採用される。

鐵心型誘導電氣爐

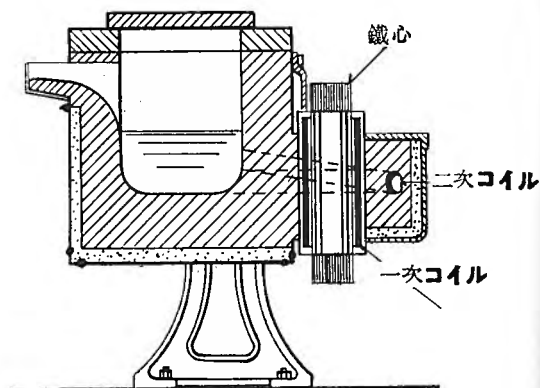
(非坩堝型低周波式)

(a) 項のローデン、ハウゼル型爐 (Röchling Rodenhauer) は往時は鋼鐵や鑛石等の熔解用として獨逸等で相當實用に供せられたが、現今では余り使用せられず、吾國でも今は全く用ひられて居らぬ故省略し、(b) 及び (c) 項の爐に就て述べることにする。

鐵心型誘導爐は第 2 圖及び第 3 圖に示す如く何れも二次回路、即ち熔解物と鐵心とが交鎖して居るから、熔解室の構造が非常に複雑になり、特に發熱部分は狹少な溝狀になつてゐる故爐



第2図 アヂャツクス・ワイヤット型 誘導電気爐(垂直環狀型)



第3図 ルス型 誘導電気爐 (水平環狀型)

の耐火材料が變形破損し易い。従て此種の爐は高温を要するもの、例へば鉄鋼、ニッケル及び此等の合金の熔解用としては適せず、黄銅等の低温用としてのみ使用せられる。又上記溝狀部は電流密度が大きく、従て局部加熱による爐の耐火材の破損、侵蝕が甚だしい。一方熔融金屬中を流れる電流の相互吸引作用によつて自ら收縮して斷路し停電を來すことになるから、高温を得るためには強電力を加へると云ふ事も出来ない。此の作用をピンチ効果と云ひ、熔湯の重力を以て補償相殺せしめる様に設計される。往々此の部分に絶縁性鹽滓や夾雜物等が介入し、全然斷路して再び通電することが出来ず、爐を破壊改築せねばならぬことがある。

又本型式の最も欠點とする處は普通の寒冷材料を以て爐を起動することが出来ない點で、爐を重油焰等で十分に豫熱した上に他の爐で熔解した同一地金を30~40%位注入し、前記溝狀部を充して短絡回路を形成した上、始めて通電が爲されるもので、熔解完了後も常に相當の残し湯をなし、爐の停止中も此の残し湯が冷却しない程度に始終通電を続ける必要がある。従て晝夜

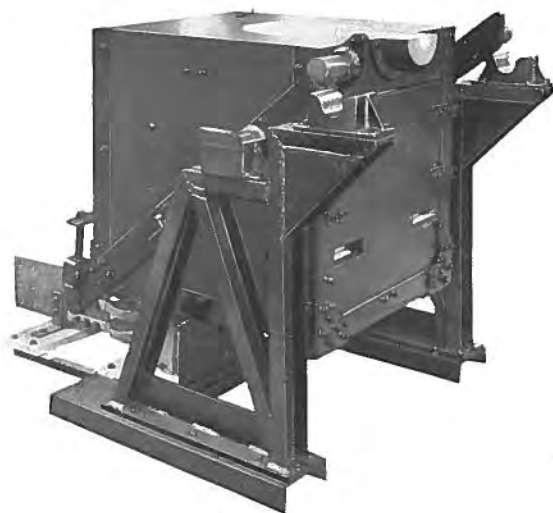
連続して同一品質のものを熔解する場合にのみ適し、間歇操業をなす場合や品質の變つたものを熔解する普通の鑄物工場には不適當である。

無鐵心型誘導電気爐(坩堝型)

本型式の爐は從來より高級品として使用せられてゐた燃料式坩堝爐を電化した様なもので、上記鉄心型誘導爐の操業上の種々の欠點を除去し、猶且各種の有利な特徴を有するものである。即ち如何なる形状の材料たるとも冷材より容易に起動することが出来、間歇

操業にも適する上にピンチ効果による電力の制限がないから強電力を以て極く短時間に加熱熔解することが出来る。又熔解室が坩堝型で形状が單純なため爐壁の壽命も永く、耐火力も亦強いので、相當な高温でも充分使用することが出来る。猶又點檢、監視が操業中にも出来るから銅、ニッケル等の高級合金類の製造には必要欠くべからざるものである。

然しながら本爐は原則として鉄心の無い、即ち空芯變壓器に相當するものであるから、勵磁電流が大となり、之



第4図 三菱式高周波誘導電気爐 (1000サイクル用)

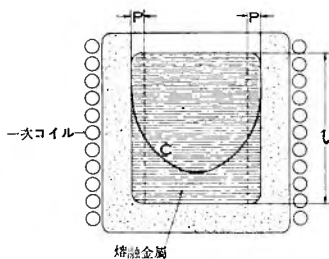
を補償するために多量の蓄電器を要する故、電気設備が前者に比して増大し高価となる事は避け得られない。

高周波誘導電気爐は特殊の発電機によつて 1000 サイクル程度の高周波電力を用ひ此の勵磁電流の低減を計つてゐるが、一方周波数の増加に比例して負荷のリアクタンスは増加し力率は低下するから、矢張り相當の蓄電器を使用して力率の改善を計らねばならない。然るに茲數年來高周波電気爐が非常な勢で新設費用せらるゝに至つたのは、その絶大なる特徴が建設費の高價を補償して猶余りあるためであると云ふことが出来る。第 4 圖は三菱式高周波誘導電気爐である。

三菱式低周波誘導電気爐の原理

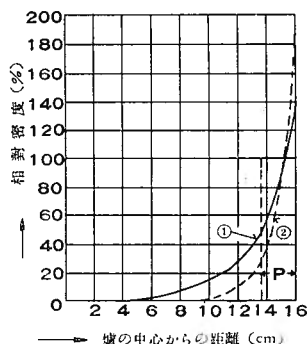
本爐は從來の高周波電気爐と同様の原理と構造を有するもので、その各種の特徴利點も亦略同様である上に、高價な高周波發生用電気設備を要することなく、50 又は 60 サイクルの普通の動力用電力を以て直接加熱熔解し得る特徴を兼備する新製品である。本爐の加熱特性は爐内に装入せられた材料の形狀や材質に依つて變化するもので一般に使用される屑金の様な形狀不整の材質の場合にはその電氣的並びに磁氣的特性を計算することは不可能で、唯實驗値に依つて概略を求めるの外はない。併し單純な形狀の固体装入物が熔解後の液体状態に於ては、その爐形によつて計算を進めることが出来る。實際上爐の電氣的設計としては熔解迄が問題であつて、熔解後は比較的低電力で充分温度を上昇し得るから、熔解状態に於ける計算は大した意義を有しない。

第 5 圖に示す爐の二次回路即ち加



第 5 圖
無鐵心型誘導電気爐内の電流分布圖

熱物中に一次線輪の誘導に依つて流れる交流は決して一樣ではなく、外周表面は密であるが爐の中心になるに従つて疎となる。第 5 圖の曲線 C は此の表皮現象を示したものである。之は一種の作用であり、周波数が高くなると



① 電流密度 ② 加熱密度 P =等價滲透厚さ=2.3cm. d_2 =爐の直徑=32 cm. f =960 サイクル ρ =熔銅の固有抵抗=200×10⁻⁶ohm/cm²

第 6 圖
無鐵心型誘導電気爐の電氣密度と加熱密度曲線

同時に爐の徑が大となれば外周のみ強く加熱され、内部には全然通電しない結果を來す。第 6 圖は此の一例を示すものである。

今外周面より P なる厚さを考へ、此の部分のみに等しい電流密度で通電し、且又此の部分のみの抵抗（之を等價抵抗と名付く）に依つて生ずる電力が全体の實際發生電力と等しいとして計算を進めるのが便利である。

此の P なる厚さを電流の透過度と稱し下記の式で表はされる。

$$P = 5030 \sqrt{\frac{\rho}{f\mu}} \dots\dots\dots (1)$$

P =電流の等價滲透厚さ (cm)

ρ =材料の固有抵抗 (ohm/cm²)

μ =材料の導磁率

f =周波數 (サイクル毎秒)

從て P は爐の直徑には無關係となり、材質と周波數によつて一定し、鐵の如き磁性体は高温熔解状態では全く磁性を失ふから、温度によつて變化することが顯著となる。

第 1 表は各種金屬に就て計算された數値である。一例として熔銅の場合を見るに此の P の厚は 60 サイクルの時には 8.5 cm、100 サイクルの時には 2.05 cm となる。從て實驗用の小型小電力の爐に於て高温を得んとする時には數萬サイクルの高周波を用ひて電

周波數(サイクル)	25		60		500		1000		2500		5000		10,000	
	固体	熔体	固体	熔体	固体	熔体	固体	熔体	固体	熔体	固体	熔体	固体	熔体
鐵	1.37	13.0	0.89	8.50	0.31	2.80	0.21	2.05	0.14	1.30	0.10	0.92	0.07	0.65
銅	1.41	4.80	0.92	3.25	0.31	1.09	0.23	0.76	0.14	0.48	0.09	0.34	0.07	0.24
黃銅(七・三)	3.03	7.07	1.97	4.53	0.68	1.58	0.48	1.12	0.30	0.71	0.21	0.51	0.15	0.35
アルミニウム	1.70	4.95	1.10	3.40	0.38	1.10	0.27	0.78	0.17	0.50	0.12	0.35	0.08	0.25
亜鉛	2.50	6.10	1.60	3.95	0.55	1.35	0.40	0.97	0.25	0.61	0.17	0.42	0.13	0.31

第 1 表 電流の等價滲透厚さ ρ (cm)

力密度を大とする必要があるが、一方爐が大きくなつて電力も大となれば、外周のみ局部過熱を来し却て有害となるから低周波を有利とすることになる。

電氣的に見た爐体自身の經濟的周波数は下記の式で大体を知ることが出来るが、之は冶金上何等の意味を有しないものである。

$$f_k \leq \frac{25 \times \rho \times 10^8}{d_2^2} \dots \dots \dots (2)$$

f_k = 電氣的經濟最少周波数

ρ = 熔材の固有抵抗 (Ohm/cm²)

d_2 = 熔材の直径 (cm)

今 50 サイクルを以て鋼を熔解する場合を考へるのに、熔鋼の固有抵抗 ρ は甚だ不明瞭で 100×10^{-6} オーム、 200×10^{-6} オームと云はれ、従て上式より爐の直径 d_2 は 70 cm 或は 100 cm となり、爐容量としては 2000 瓩或は 6000 瓩以上となる。

低周波誘導爐の能率、 力率及他の電氣的特性

上述の如く低周波誘導爐に於ては二次回線の透過度 (P) が大で従て等価抵抗 (R_s) が低い事になる。又リアクタンス (X_s) も周波数に比例して減少するから負荷のインピーダンス (Z_s) は減少し、低電壓で操業が出来る。

負荷の力率は

$$\frac{R_s}{\sqrt{R_s^2 + X_s^2}}$$

によつて表はされ、 R_s は (1) 式に示す様に $\sqrt{f}$ に比例し、 X_s は f に比例するから力率は $\sqrt{f}$ に逆比例して低周波になる程良好となる。

力 率

一次線輪と二次線輪の間隔は爐の高

温に耐えるために充分な耐火材料を以て作られてゐるから漏洩磁束によるリアクタンスは甚しく大である。従て 100 サイクル程度の高周波爐に於ては負荷の力率は 20 % 程度であるに對し 50 及び 60 サイクルの爐に於ては 75 % 位となる。併し勵磁電流は同一誘起電壓に對しては周波数に逆比例するために低周波爐の無負荷入力が増加し、全体としての力率を低下することになるが、一方誘起電壓は周波数の減少によつて低下することが出来るから、實際上無負荷入力並に磁束は周波数の平方根以下に逆比例するものと考へてよい。故に無負荷入力を含めた場合の實際の爐の力率は、100 サイクルの高周波爐に於て 10 % 程度であるが、50 及び 60 サイクルの低周波爐では 20 ~ 30 % 以上である。何れにしても此等の低力率を改善して 80 ~ 100 % にするためには多量の蓄電器を要する事になる。

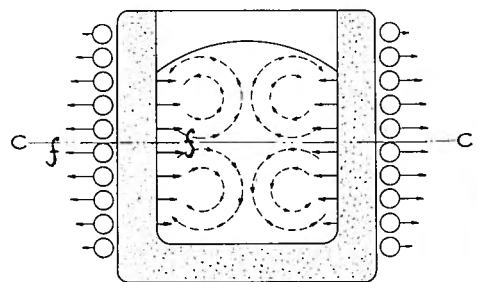
能 率

誘導爐に於ては一次線輪内の抵抗による銅損と、爐筐枠部の僅少な浮游損失以外は全部材料を加熱するために有効に使用せられるもので、熱機關としては最も能率の良いものである。次に加熱された材料から逆に爐壁を透過して外部 (主に冷却水) に失はれる熱量や、表面よりの副射熱並に耐火物の加熱に要する熱量 (之は連續操業の時は利用得る) 等が損失となるが、之等は合計しても 20 % 程度であつて、加熱速度を速め且連續使用すれば此の損失は僅かに數% となり得る。

一次コイル内には力率が上述の如く低いために莫大な電流が通ずる事になり、且その分布は一樣でなく、前掲第 1 表に示す如く表皮作用によつて等価抵抗は増大するから此の部分の損失が問題である。低周波爐は等価抵抗が少く、力率も良好であるから同一電力に對しては電流も少くなり、高周波爐に比して能率が良好である。猶又高周波發電機を要しないから此の周波数變換裝置の損失 (普通 20 % 程度) だけ更に良好となる。其他使用電壓が低く普通 440 V であつて、高周波爐の如く 800 V 乃至 2,000 V 等の高壓を使用するものに比べて操業上極めて安全である。

攪拌作業

誘導爐に於ては熔解すべき材料がその中を流れる電流の作用によつて自動的に攪拌し、均等な組織の合金を作り得る特徴を有する。之は一次線輪と二次線輪即ち熔融物相互間の反撥力と二次電流間の吸引力によるもので、之がため熔融物は外周より壓縮される事となり、第 7 圖に示す様に重力に抗して循環し、熔湯の中央部が盛り上る様になる。従て攪拌作用の大小は此の盛り上りの高さによつて表はされ、アン



第 7 圖

誘導電氣爐内の電磁力と攪拌作用



第 8 圖 三菱式低周波誘導電氣爐の傾動

ペア・ターン或は入力に二乗に比例し、材料の密度や粘度に逆比例するが、周波数には無関係である。普通低周波爐は設計上アンペア・ターンが多く採られるから此の攪拌作業は顯著であるが、熔解迄は全電力を加へて此の攪拌作業を利用し、熔解後は電力を加減し沈静状態を経て出湯する様にすればよく、又一次線輪にタップを出すか、部分的にインピーダンスを挿入して、爐の下半部に電力を多く加へる様にすれば、熔湯の重力によつて攪拌作用を制御することが出来る。其他導電性坩堝（例ば黒鉛、銅鐵）を使用し、之に通電して一部分に間接加熱する様にすれば、反撥力も此の坩堝によつて緩和せられ攪拌作用を著しく減少することが出来る。之の方法はアルミニウム、マグネシウム等の輕金屬熔解用として用ひられる。

三菱式低周波誘導電氣 爐の構造並に電氣設備

第 1 圖及び第 8 圖はその外觀を、第 9 圖は切斷面の概略を示すもので高周波爐とその構造は略々同様である。一次線輪は銅管を用ひ、中空部には冷却水を通じ、爐室は坩堝を用ひるか又は適當な耐火材料を型によつて搗き固め自己の電力で焼成して作る事が出来る。

本爐の特徴は一次線輪の外周に成層鐵心を有し磁路を作つて居るから、勵磁電流を減少し、能率を向上せしめ、尙且外部への漏洩磁束の遮斷作用を有してゐるため、外部冷却部分が加熱される虞がない。従て外筐は鋼板を使用することが出来、且つ一次コイルは上下から緊密に締付けた上、外壁鋼板に固着されて居るから、爐熱による變

形や爐材搗き固めによる機械力に對しても頑丈である、爐の傾動は出湯口の高さを常に一定ならしめるために二ヶ處の中心軸があり、脊部からホイスト等で吊り揚げて行ひ、平常な床下に收められてゐるから、爐には三方から近づくことが出来て操業が便利である。

本爐は高周波爐の様に高價な高周波電動發電機を要せず、普通電力から直接受電することが出来、且つ回轉機械を要しないから點檢、保守が樂である。

低周波誘導爐に要する電氣設備は下記の通りであり、その結線略圖は第 10 圖に示す通りである。

遞降用變壓器

440 V 乃至 220 V 程度の爐に適度な電壓が得られ、且つ適當なタップ電壓を出し得るものであるが、440 V 乃至 220 V 程度の電源があれば電壓の調整は別器で行ひ得るから、本變壓器を省略することも出来る。

電壓調整器

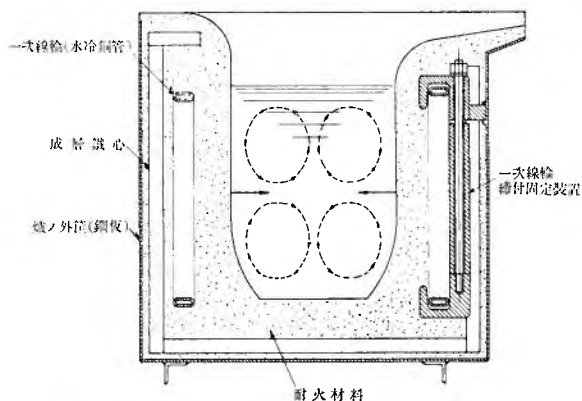
操業状態によつて電力を加減するためには誘導電壓調整器を用ひ、負荷中迅速に行ふことが出来るが、場合によつては變壓器のタップに依つて加減し本器を省略することも出来る。第 11 圖は變壓器にタップ變換器を附加して床上或は配電盤室から迅速に電壓を調整し得るものである。

蓄電器

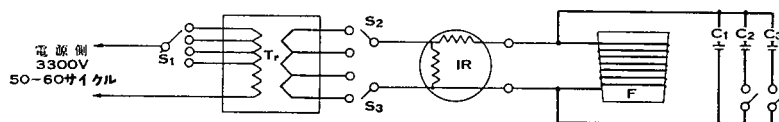
爐の力率を改善して 80 % 以上 100 % に保持するために使用せられ、負荷によつてその量を加減し、常に 100 % 近くで運轉出来る様に電磁開閉器を備へてゐる。（第 12 圖參照）

配電盤

爐の電壓、電流、電力、力率及び所要電力量等を指示する様になつてゐる。



第 9 圖 三菱式低周波誘導電気爐の構造略圖



第 10 圖 三菱式低周波誘導電気爐の結線略圖

外、各種の保安装置が完備して居る。

第 2 表中の低温用は銅系合金用であつて、高温用は鋼鉄、ニッケル合金用として設計されたもの、熔解時間は大体30分乃至45分である。此の外にアルミニウム、マグネシウム、亜鉛鉛、其他の金属熔解用としても適宜に設計される。

熔解試験成績

本爐の熔解試験の一例として第 3 表に示す如く鉄を 250 珎、60 サイクル爐で實驗した數値を掲げる。爐も装入材料も寒冷より始動した第 1 回目の成績値であるから、之を連續的に操業すれば一層の良成績を挙げ得るゝことは勿論である。

最大熔解量
(比重7.5に於て)

200 kg
300 "
500 "
750 "
1,000 "
1,500 "
2,000 "

電気容量 (50及び60サイクル)

低温用

高温用

100 kW
150 "
250 "
300 "
350 "
400 "
500 "

150 kW
200 "
300 "
350 "
400 "
500 "
600 "

第 2 表 三菱式低周波数電気爐標準容量表 (50~60サイクル)

本例に見る如く鋼鉄の様な強磁性体は始動最初に於て多量の電力を吸収し、力率も上昇するから電壓を下げてよいが、赤熱すれば非磁性体となる。実際にかゝる短時間の過負荷は電動發電機の様にデリケートなものを使つてゐないから心配はない。

尙本爐と普通燃料爐並に他の型式の電気爐との熔解經費の比較一例として第 4 表を掲げる。

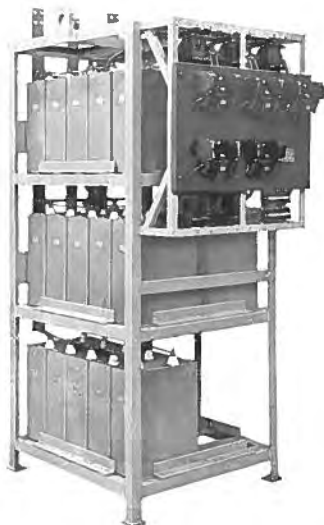
其他耐火材料並に爐壁築造方法、取扱方法等は從來の高周波電気爐と全く同一であるから茲には省略するが、之等に関しては三菱高周波電気爐の型録を参照せられたい。

結 言

本低周波誘導電気爐は我國最初の製品であつて、數年來各種の研究、考案を得て完成したものであるが、尙今後共大いに改良すべき點が多いことと思ふ。願はくば御愛用の上御批評を賜はらば幸甚の到りである。



第11圖 低周波誘導電気爐用電壓調整器



第12圖 同用蓄電器

第3表 三菱式低周波誘導電氣爐の熔解成績表

始動よりの 時間 (分)	一次電圧 (V)	爐の電力 (kW)	温 度 (°C)	装入材料並に状況
0	440	240	常温	82kg鐵鐵寒冷より始む
5	440	197	800	2分にて赤熱す
10	440	146	1200	熔解し始む
13	320	72	1300	熔け終る
15	300	106	—	137kg 冷材追加装入す
21	400	153	1200	攪拌し續ける
28	440	187	1300	全部熔け終る
33	300	96	1450	出湯する

所要全電力 91 kW.H

所要全時間 33 分

第4表 特殊銅合金熔解費比較表

(1) 設 備 内 譯	三菱低周 波電氣爐	重油 爐	コークス 坩 堝 爐
一日熔解量	3,000 瓩	3,000 瓩	3,000 瓩
爐の容量	150kW 300瓩	150 瓩	80 瓩
爐の數量	1 個	2 個	4 個
熔解回数	10 回	10 回	10 回
一回作業時間(平均)	40 分	60 分	100 分
作業時間(一日に付)	6.7 時	10 時	16.7 時

(2) 熔 解 費 (一瓩當り)

(1) 燃料費(所要量)	350kWH 8.75	210kg 8.00	340kg 10.30
坩堝費(10錢/番)	100回以上 1.00	17回 5.90	14.5回 7.00
爐修理材料費	0.50	2.00	1.40
工賃(1時間當1圓)	2.30	3.50	5.50
雜 費	1.00	2.50	3.00
メタルロス	1.6% 10kg 5.00	2.5% 25kg 12.50	1.0% 40kg 20.00
(2) 原價償却費	1.40	30	20
(3) 合計(一瓩當り)	19.95	34.70	47.60

備 考 :—

- (1) 電力料金 1kWH 當り 2.5錢、重油 1 瓩に付き 38 圓 コークス 1 瓩に付き 31 圓として計算す。
- (2) 償却年限は爐体自身は 10 年電氣品其他の設備は 15 年とし年利率 4%、複利積立法による。
- (3) 本比較値の外に電氣爐は製品の品質が向上され、高温度を容易且迅速に得らるゝ故に特殊合金に適す。又火熱瓦斯の發生なく作業容易にして衛生的なれば工場を清潔を保ち作業能率を高め得る等利點多し。

第5表 特殊銅合金熔解費比較表

(1) 設 備 内 譯	三菱低周 波誘導爐	鐵 心 型 誘 導 爐	ロツキン 式弧光爐
一日熔解量	3000 瓩	3000 瓩	3000 瓩
爐の容量	150kW 300瓩	150kVA 60kW 300瓩	250kVA 200kW 300瓩
爐の數量	1 個	1 個	1 個
熔解回数	10 回	10 回	10 回
一回の作業時間(平均)	40 分	60 分	50 分
作業時間(一日につき)	6.7 時	10 時	8.3 時

(2) 熔 解 費 (一瓩當り)

(1) 燃料費	100% 350kW.H 8.75	65% 300kW.H 9.00	85% 12.5C
2.5錢/kW.H 力率	350kW.H 8.75	300kW.H 9.00	12.5C
坩堝費10錢/1番型	100回以上 1.00	—	—
電極費 1.20 錢/瓩	—	—	2.5瓩 3.00
爐修理耐火材料費	0.50	0.30	1.00
工賃(1時間當1圓)	2.25	3.30	2.75
雜 費	1.00	2.00	3.00
メタルロス	1% 10kg 5.00	0.8% 8kg 4.00	1.7% 17kg 8.50
(2) 原價償却費	1.40	70	77
(3) 合計(一瓩當り)	19.90	19.30	31.52

備 考 :—

- (1) 電力料金 1kWH 當り 2.5 錢とし 鐵心型誘導爐のみ力率 65% 位なるため特に 3 錢として計上す。
- (2) 償却年限は爐体自身は 10 年電氣品其他の設備は 15 年とし年利率 4%複利積立法による。
- (3) 本表數値の外に鐵心型誘導爐は起動用熔材 30% 熔解費及夜間休止中の保熱電力費を計上する必要あり。
 ①三菱低周波誘導爐は冷材にて間歇使用し得又高温度を容易に得らるゝ、利點あり又停電に際しても再び通電すれば支障なく熔解し得る。
 ②鐵心型誘導爐は熔材を以て起動する要あり。又連續して同一品質材を熔解するに適する故伸銅工場向なれども高温度を得難く又發熱部分は狭少な溝形なる故損傷し易く各種合金を必要とする鑄造工場には使用出来ず又爐は休止中も通電する要あり。停電によりて装入物が冷え固まる時は爐を破壊する要あり。
 ③ロツキン式弧光爐は弧光爐なる故取扱面倒にして且製品の品質は劣る。

14,500 kVA 水車直結交流発電機

交流機設計係 楠 瀬 康 雄

東電小野川発電所納入の 14,500kVA 水車発電機は弊社が最近製作した大型水車発電機の一として特に其の大略を御報告したと思ふ所のものである。本発電機は東京電燈株式会社新設小野川発電所に於て三菱重工業株式会社製堅軸フランシス水車と直結されてその発電設備を構成して居り、機械の形状の大なる點及び弊社最新の設計に成つて居る點を特徴として居る。工場に於ける発電機の試験は諸種の點に於て豫想以上の好成績を納め、弊社の大型水車発電機の將來に對し多大の希望を得たと同時に、設計、製作技術に對する顧客の信頼をも得たものと信じて居る。

水 車

三菱重工業株式会社神戸造船所製フランシス型水車は大體次の様な設計要領で製作されて居る。

有效落差

62.13m—59.13m—55.23m

使用水量

32.8m³/sec—32m³/sec—31m³/sec

出 力

23,900HP—22,100HP—20,100HP

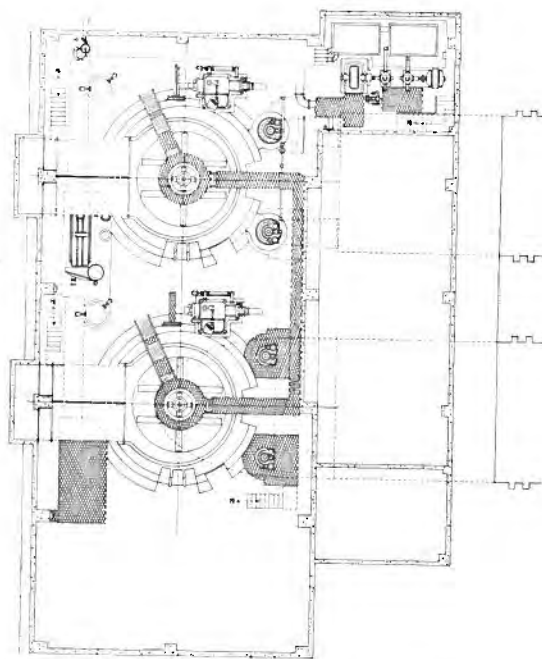
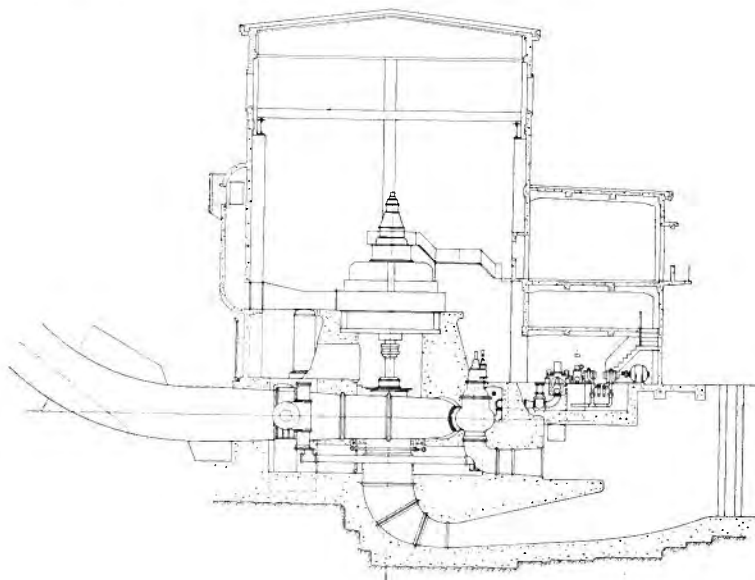
回 轉 數 250 RPM (50 ω)

本機のランナーは鑄鋼製、ケーシングは鋼板製で、2 個のレリーフ弁と 1 個のガバナーを装備して居り、主弁としてはバタフライ弁を用ひて居る。

全負荷に於ける速度變動率は 25 % 水壓上昇は 15 % である。之に對し発電機に要求するフライ・ホキール・エ

フェクトは 420,000 kgM² (GD²) で発電機回轉子を直結した場合の無拘束速度は約 460 回轉毎分である。尙不平衡水壓による下方向の推力は最大 195 噸

で、中間軸、ランナー等を加へて 206 噸の荷重を発電機上部ブラケットに要求して居る。発電機との直結の状態は第 1 圖に示す様な配置になつて居る。



第 1 圖 24,000 馬力 堅軸フランシス水車機械配置圖

發電機定格其他

出力

- a. 14,500kVA 發電機として正
規使用の場合
- b. 16,000kVA 發電機として過
負荷使用の場合
- c. 11,000kVA 進相機として使
用の場合
- d. 7,500kVA リアクトルとし
て使用の場合

上記は何れも連続使用

力率

- a,b の場合 90%
- c,d の場合 0%

電圧

- a,b,c の場合 110,00 V
- d の場合は 9,000 V

速度 250 R.P.M. (24極50 $\sim$)

周波數 50サイクル/秒

型 堅軸、閉鎖通風型

保證溫度上昇

- a, c, d の場合 固定子 60 $^{\circ}$ C
回轉子 60 $^{\circ}$ C
- b の場合 固定子 75 $^{\circ}$ C
回轉子 80 $^{\circ}$ C

保證能率

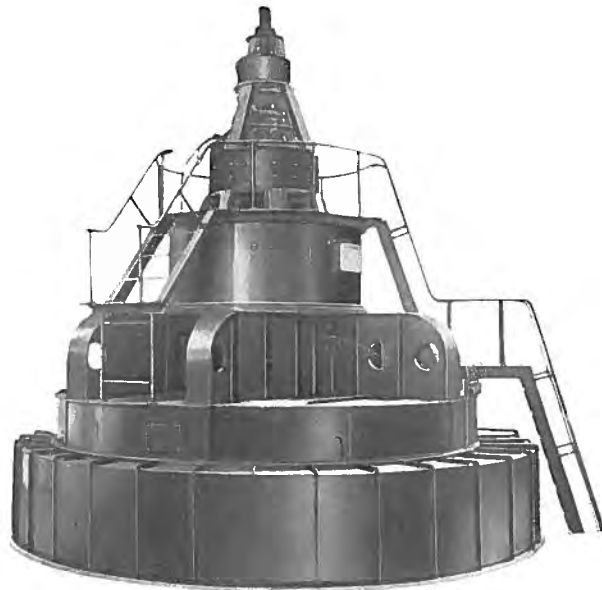
	90%力率 の場合	100%力率 の場合
14,500kVA	96.9%	97.4%
10,900kVA	96.4%	96.9%
7,500kVA	95.6%	96.4%
3,850kVA	92.2%	93.0%

保證損失 進相機としての保證損失

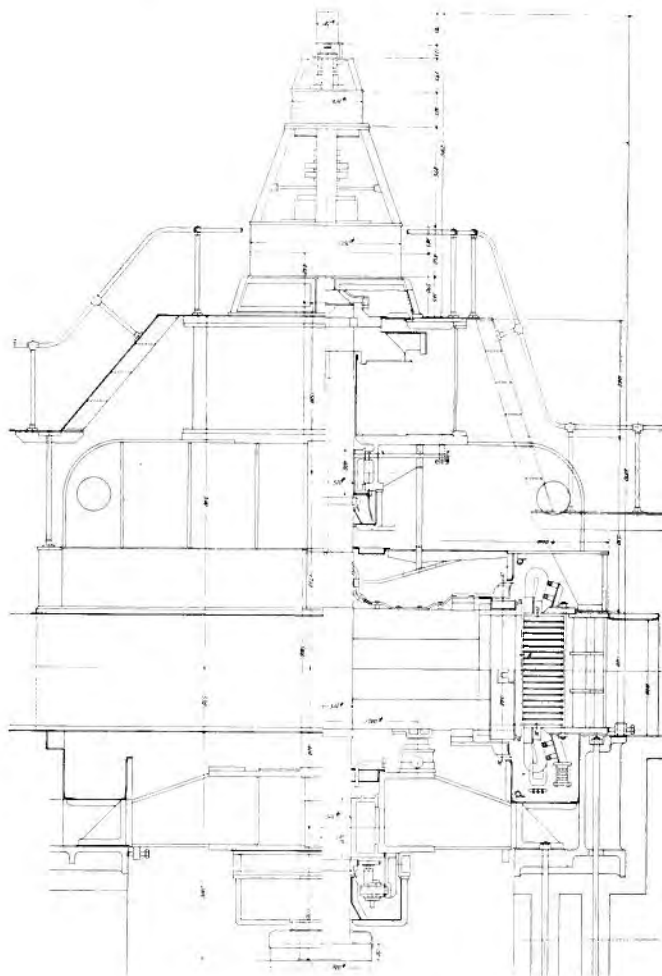
進 相 電 流	損 失 kW
580 A	380
435 A	320
290 A	250

保證短絡比 1.0 以上

主勵磁機 11.5kW, 220 V,
250 R. P. M. 堅軸 差動捲線
型分捲、主機に直結、速應勵
磁型にして保證電壓上昇率
250V/秒



第 2 圖 14,500 kVA 水車直結交流發電機外觀



第 3 圖 發電機斷面圖

副勵磁機 4 kW. 110 V. 豎軸
250 R.P.M. 複捲、主勵
磁機に可撓連結子を以て
連結、推力軸受を有す。

主機附屬品

1. 電動豫備滑油唧筒各 1 基
2. 配油弁並に油及水管類一式
3. 噴水消火管
4. 薄鋼板製風洞及通風屏機構
5. プラットフォーム、梯子類一式
6. 油槽、附屬ストレーナー、冷却水管類
7. 手動油壓ジャック及保持スクリウジャック
8. 斷水、斷油警報リレー一式
9. 組立分解用具一式

發電機構造

固定子

輸送重量の關係上 3 個に分割されて居り、鐵心は高硅素の電氣鐵板を使用し、捲線は弊社獨得の B 級のマイカルタ・フオリウムで絶縁されて居る。

ダクト・ピース、鐵心齒部押へのフキンガー・プレート等は皆非磁性金屬を用ひ、且つ捲線を圍むエンドベル等は漏洩磁束に對し高リアクタンスになる様な設計で、漂洩損失を出来るだけ少なくする構造である。

枠は總て鋼板から切り出したもので充分な強度と信頼度を有して居る。枠の周圍は第 2 圖に示す様に薄鋼板製の風洞でかこまれ、その一方は排氣孔に連つて居る。風洞は平角鋼のリムを數多く附して振動を防いで居る。尙排氣孔に接する所には自動式のエアー・ダムバーを附して居る。

回轉子

回轉子は第 4 圖に示す様に壓延厚鋼板積重ねのスパイダーで、薄鋼板打抜のボール・ピースをダブルテール及びコッターを以て頑丈に取付けて居る。尙ボール・ピースの兩端はヴァナヂウム鑄鋼板で押へて居り、その良好なる質は他の壓延鋼材と相俟つて信頼度の高い回轉子を構成して居る。

尙本機の特徴としては第 4 圖に示

す通り頑丈な高速度型のアモルト捲線と混流型の離立した特殊扇風羽根を有して居る事であつて、平滑な冷却氣の流入、騒音の低下、回轉子點檢並に分解組立の簡易化に資して居る。捲線はアスベストを主とする B 級絶縁で、高壓高温の下に成型したものであつて側方から輕合金製の押へ金具で固定して居る。

上部及び下部ブラケット

何れも鋼材熔接式で、上部ブラケットは前述の水車側荷重及び發電機側荷重合計 310 噸を負ひ、且つ豫想し得べき振動に對して充分な剛度を持たせ全負荷の荷重に於て約 0.5 ミリ程度以下の屈撓を保證して居る。尙輸送寸法を小にするため 6 本の脚中、2 本を取り外す様に設計して居る。

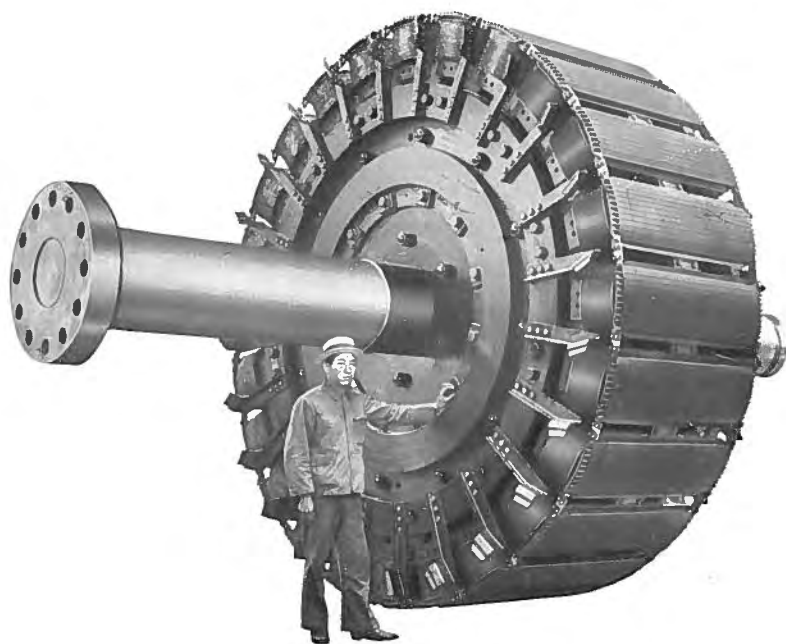
下部ブラケットは組立、分解時に於ける回轉部分の支持並に制動機の作動時に於ける安全な強度を保有して居る。

軸受

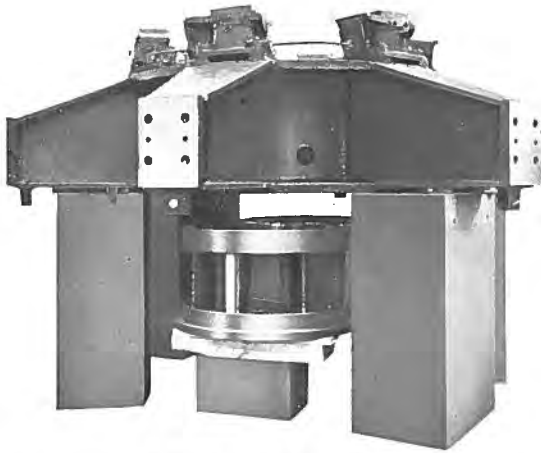
上部及び下部ブラケットの中心部に上下のガイド・ベアリングを裝備して居つて、共に 0.12 程度の融通で充分な滑油を供給する様設計され、特に油洩れに對しては回轉部分の扇風効果による氣壓低下により誘出される油霧を防止する様、氣壓均衡室と排油の集收とに充分な考慮を拂つて居る。推力軸受はキングスベリー自動調整式のもので、滑油を循環すると同時に水冷管による冷却を行ひ、荷重は 250 封度/毎平方吋以下の極めて樂な設計である。第 3 圖及び第 5 圖を御参照願ふ。

台床

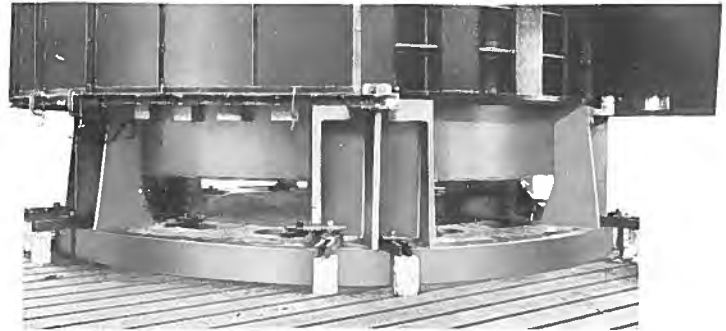
第 6 圖に示す様に本機は特に頑丈な台床を設けて居る。即ち鑄鐵製の輪狀であつて、固定子並に下部ブラケッ



第 4 圖 回 轉 子



第 5 圖 下部ブラケット及下部ガイドベアリング



第 6 圖 台 床

トと共に支持するに充分な構造である。6 個の部分に分れ、各部は頑丈に締付けて一体となつて居る。台床の側部及び底部はコンクリート中に埋没され、固定子支持用の脚部の中間から冷却氣を吸入する様になつて居る。

軸受給油

軸にギヤーによつて結合された給油ポンプ、配管、ストレーナー、給油弁、油冷却器、油槽及び豫備電動唧筒から成る給油系統によるものであつて、(第 7 圖参照) 保護装置として斷流警

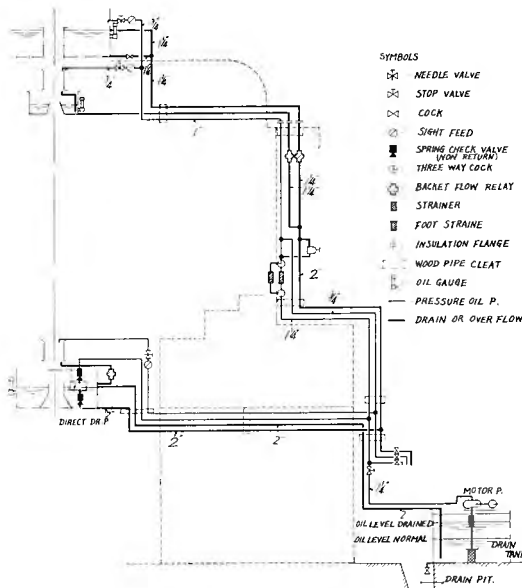
報器及び接觸子附溫度計を裝備して居る。

通 風

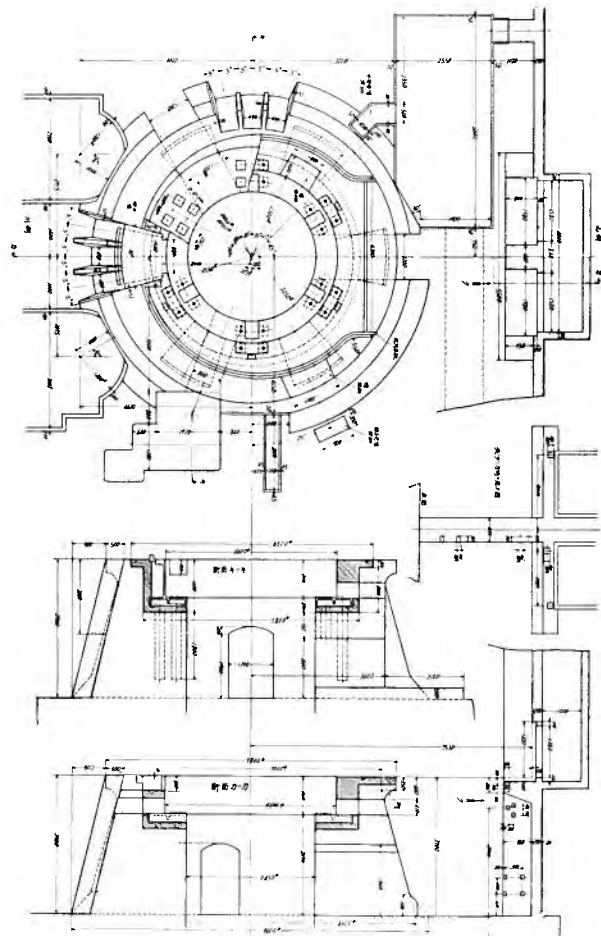
全部發電機室から直接冷却氣をとつて居る。従て發電機の下部は下部ブラケットの下面で完全に水車側と絶縁し水車側の濕氣並に油氣を完全に防いで居る。

据 付

第 1 圖に示す様に本發電所は床面を一にして發電機は圓鑄狀の鉄骨コンクリート台上に前述の鑄鐵製台床を置いて据付けられて居る。従つて發電機

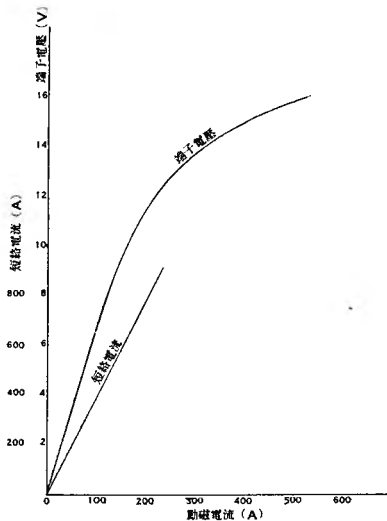


第 7 圖 軸受給油系統圖



第 8 圖 台床構造圖

の安全な台床と鉄骨コンクリート円筒の台の構造に充分な考慮を拂つたものである。(第8図参照)



第9図 磁気飽和曲線

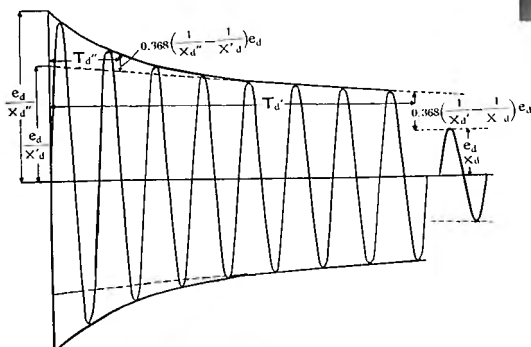
発電機特性

磁気飽和

第9図に示す通りの無負荷飽和曲線及び短絡電流曲線で明かな様に、大体に於て 0.15 程度の飽和度を有して居るものである。

リアクタンス

諸種のリアクタンスは大体次の様な値である。



第10図 対称短絡電流

直軸同期リアクタンス $X_d = 106\%$

横軸同期リアクタンス $X_g = 73\%$

無飽和過渡リアクタンス $X'_{du} = 39\%$

飽和過渡リアクタンス $X'_d = 35\%$

次過渡直軸リアクタンス $X''_d = 29\%$

次過渡横軸リアクタンス $X''_g = 23\%$

逆相リアクタンス $X_2 = 25\%$

零相リアクタンス $X_0 = 17\%$

タイムコンスタント

開路過渡タイム・コンスタント $T'_{do} = 5.3$ 秒

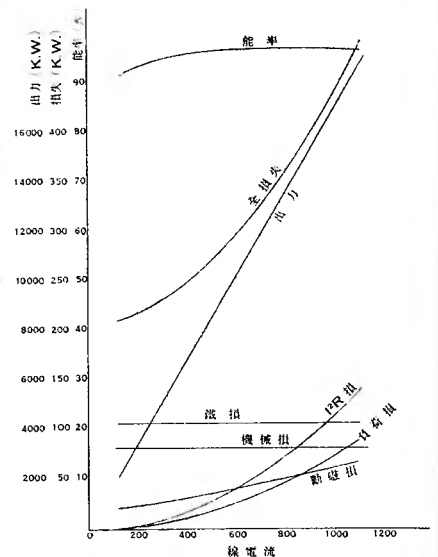
短絡タイム・コンスタント $T'_d = 0.37$ 秒

短絡次過渡タイム・コンスタント $T''_d = 0.036$ 秒

電気子(直流)タイム・コンスタント $T_a = 0.2$ 秒

損失

工場試験に依る諸損失並に 能率は第11図に示す通りであつて、保證値より相當高くなつて居る。特に負荷損は従來の大型機に比して少くなつて居る。低鉄損の高硅素鋼鉄心を用ひて機械の鉄損を下げる事と、上述の漂游負荷損を低下することは現在の製造者側の最も意を用ひて居る處である。

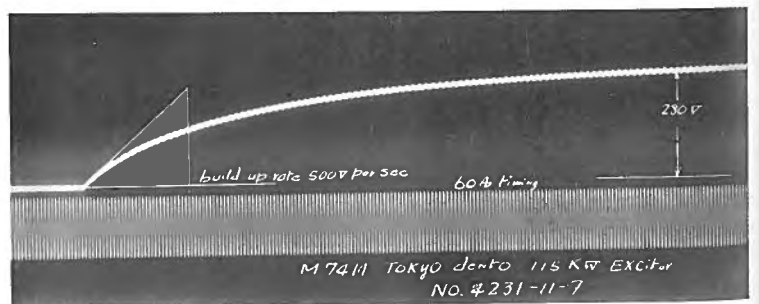


第11図 損失並に能率曲線圖

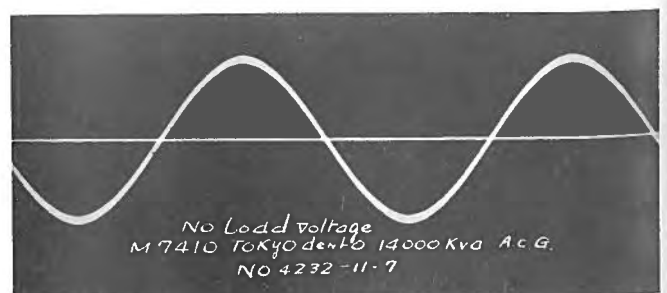
回転子慣性定數

本發電機回転子の有するフライ・ホイール・エフェクトは前述の通り $420,000 \text{ kgM}^2$ (GD^2) である。従つて $H = \text{慣性定數} = \frac{0.231 \times \text{WR}^2 \times (250)^2 \times 10^{-6}}{\text{kVA}} = 2.5 \text{ kW秒/kVA}$

發電機回転子の保有する運動のエネルギーは 37,000 kW秒 である。



第12図 勵磁機電圧上昇率を示すオシログラフ



第13図 發電機無負荷電圧波形を示すオシログラフ

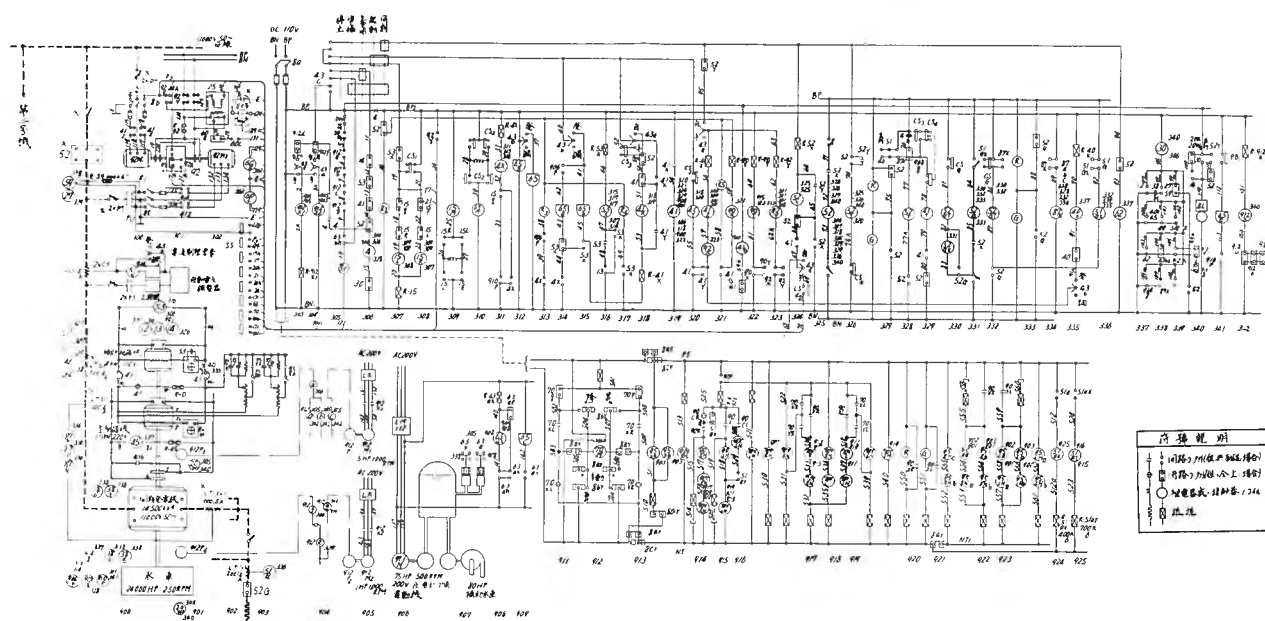
發電機始動並に運轉

本發電機はワンマン・コントロールの自動式であつて、始動はシーケンス・スイッチに依り段階的に起動し、自動同期装置によつて同期化されるものである。自動のシーケンス、發電機の保護方式並に諸結線は第 14 圖に示

す通りであつて、特に主發電機の電壓調整はパイロット勵磁機回路のみを用ひて居る。従て從來の様にコレクター導線、主勵磁機導線を全然用ひて居らない。

本機の安定度については逆轉狀態では主として速應勵磁方式の主勵磁機と弊社の勵磁機抵抗器型 AJ 型常壓調整

器と、特に主機に取付けた低抵抗のアモルト捲線とによつて萬全を期し、又送電線充電時の低勵磁状態の運轉では主勵磁機に裝備した差動分捲による勵磁電壓の安定を以て充分な効果を期待して居る。第 12 圖は勵磁機の電壓上昇率を示し、第 13 圖は發電機の無負荷電壓波形のオツシログラフである。



第 14 圖 水力發電機自動制御裝置接續略圖

NF型 分電盤に就いて

名古屋製作所設計課

篠崎 善 助



第 1 圖
NF 型 分 電 盤

最近大都市は異状なる發展をなし建築技術の進歩と相俟つて大建築が次から次へと出現すると同時に、電気應用の分野も電気技術の發達につれて次第に拓け、建築方面に旺んに應用せられて大容量の電気設備を有する様になつて來た。元來建築の優劣はその美的價値のみに依つて論すべきものではなく建築と附帶設備との全機能が完全に發揮せられて居るや否や、即ちその効用價値をも加味して論じなければならない。従來の建築は美的價値のみに重點を置き、その附帶設備を等閑にせる結果、建築本來の機能を發揮し得ず、その効用價値は極めて低いと言ふ事を聞くのであるが、斯くては不便のみ多く近代生活に全く適しないものと云ふべきで、従て最近に於ては次第に附帶設備に留意せられる様になり、殊に電気應用の中樞神經とも言はれる配電設備に對しては充分考慮を拂はれることゝなつた。弊社は此の配電設備中最も主

要なる分電盤の製作に意を注ぐ事數年改良に改良を加へノーフェーズ分電盤を開發した。以下其の概略について述べることゝする。

概 要

屋内配線に於て過電流の通ずる原因は配線又は機器の故障若しくは取扱の不注意に依る短絡、地氣、及び配線に設計以上の負荷を接續することに依つて起るものである。この過電流に對して電気回路及び機器を保護する爲めに或る種の保安裝置を設けなければならぬと言ふ事は一般に知られ且つ實行せられて居る事である。屋内配線回路保護の従來の方法は、可熔器と双型開閉器とを使用する方法であつたが、最近の方法は殆んど密閉式レニユアブル型に發達して來た。即ち電気の利用の擴大するにつれて一時的過負荷に堪へ然かも何れの部分の取換へをも行なはず直ちに回路を再閉し得る裝置が要求

せられて來た。弊社 NF 型分電盤は上記の要求に適合する性能を具備し、且つ従來の方式に於ける凡ゆる不利な點を除去し得るものである。この NF 型ノーフェーズ分電盤は可熔器の代りに小型の電磁的及び熱的引外し裝置を具へ速投速斷裝置に依り操作は極めて輕快であつて、他の容量との間に融通性及び互換性を有するは勿論、デアイオン原理に據る電弧消滅裝置を裝置し特殊合金の接觸子を有する等、電氣的に萬全を期し、操作も充電部分は凡て絶縁カバー内部に納められて居り、容易且つ安全に開閉し得るものである。

分電盤回路遮斷器の構造

分岐回路用遮斷器

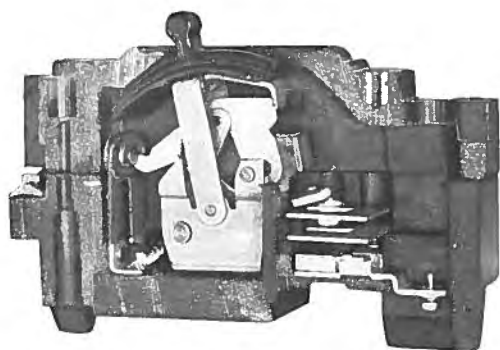
第 2 圖は分電盤分岐回路用遮斷器である。左は單極、右は二極遮斷器を示す。第 3 圖は單極遮斷器のカバーベースの一部を切斷し内部構造を示したものである。單極及び二極遮斷器は



第 2 圖 (A)
分岐用單極遮斷器



第 2 圖 (B)
分岐用二極遮斷器



第 3 圖 分岐用単極遮断器の内部

共に特殊造型物に依り囲れた速投速断式のトグル・スイッチと、接觸子に直列に入れられたバイメタルより成る過負荷繼電器とを組合せた手動操作式のものである。

この熱動過負荷繼電器は過電流に依るバイメタルの歪を利用し、ラッチを外して回路を自動的に遮断するものである。自動遮断に依る開路は手動操作に依る開路と區別するために把手の位置で表示せられる。過電流に依り遮断器が自動的に動作したときに再び回路を閉ぢんとする場合は把手を一度「切」の位置に戻し、引外し装置をリセットして「入」に押せば再閉路せられる。然し過電流の原因が取除かれず、過電流が再び流れる場合は遮断器は再び自動遮断を繰返へす。通電部分は定格電流で連続使用しても規定温度上昇の制限内にある。接觸子に直列に入れられたバイメタルの定格をもつて稱呼定格とし 15 A. 20 A. 25 A. 30 A. 35 A. 定格のものを作つて居るから實際の使用状態では充分余裕があることになる。接觸は第 2 圖で明かな様に銜合せ接觸であつて、熔着を防ぐ爲めに固定接觸子と可動接觸子に特殊合金を使用して居り、金屬部分は凡て耐腐蝕性を有して居る。

單極遮断器と二極遮断器とは同一定格で作られ、外形寸法に於て二極の巾が 2 倍となり、繼電器部分が二極の各々にバイメタルを挿入する爲めに特別の考案となつて居る外、構造には變りがない。

主幹遮断器

主幹遮断器は通電部分の容量に依り 100 A. 225 A. のものが作られるが、こゝでは主として 100 A. 容量のものに就いて述べることにする。この遮断器の分岐回路用遮断器と異なる點は自動過負荷繼電器の外に電磁引外し装置を具へた事と、繼電器部分が可搬性を有して他の容量との間に取換へが可能なことである。第 4 圖及第 5 圖は主幹遮断器の二極及三極 100 A. 定格のものを示し、第 6 圖は第 5 圖の内部構造を示す。

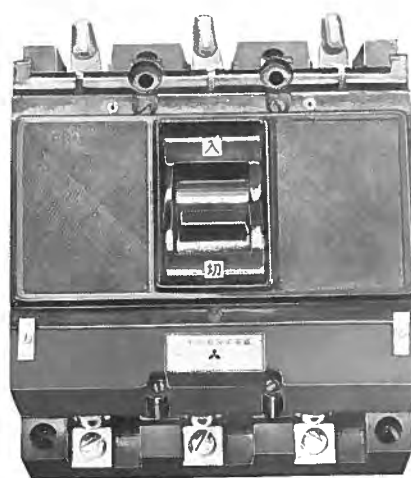
通電部分容量と稱呼定格との關係は分岐回路用遮断器と同様の關係を有し、通電部分の容量 100 A. に對しバイメタルの定格は 50 A. 75 A. 100 A.



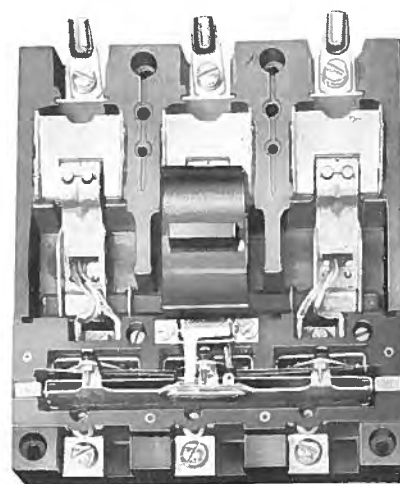
第 4 圖
100 A 2 極主幹遮断器

の三種を有して居る。自動繼電器部分は遮断器部分より分離した造型物で囲まれ各々の定格間には互換性を有して居る。今 75 A. 定格から 100 A. 定格に変更せんとせば繼電器部分のみを取外し、100 A. 定格のものと置換へる事に依つて定格變更をなすことが出来る。

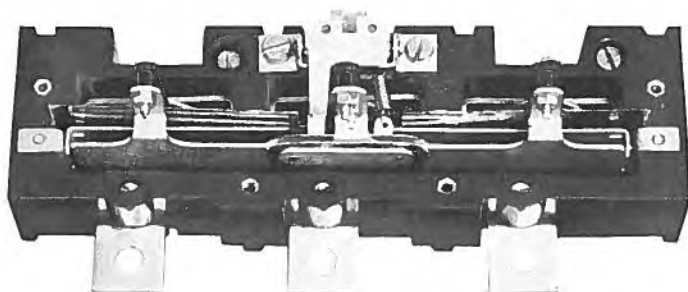
電磁引外し装置はバイメタル定格の約 10 倍の過電流に依り作動する様調



第 5 圖
100 A 3 極主幹遮断器



第 6 圖
100 A 3 極主幹遮断器内部



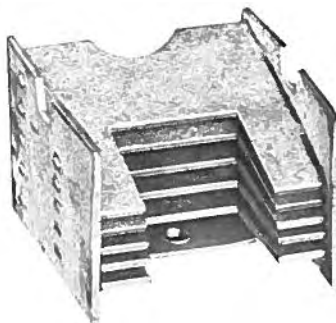
第 7 図 100A 3 極 主幹遮断器電磁器部分

整せられて回路短絡に備へられる。この電磁石はバイメタルを通る電流に依り勵磁せられる一回捲電磁石であつて熱動繼電器の共通引外し棒に作動する補助引外し棒に吸引力を生じ瞬時引外しをする。第 7 図はこの電磁器部分の詳細を示したものである。

速投速断肘機構 速投速断機構は肘機構を利用し、中心往復彈子に依つて作動レバーがある豫定の距離動されたとき、その作動方向が反對になり、肘機構は瞬時運動を起して開閉動作を敏活ならしめ、同時にレバーの働きに依つて接觸子に壓力を加へ接觸を完全ならしめる。

デアイオン電弧消滅装置 この遮断器はデアイオン電弧消滅装置を備へる事に依つて遮断能力を確保する。第 8 図は本装置の詳細を示したものである。圖に示す様に絶縁物間に支持せられ、可動接觸子の運動方向に直列に配置せられた溝附鐵板より成り、鐵板の溝が直接接觸子の上にある様に取り付けらるから、可動接觸子が固定接觸子を離れるときには必ず溝附鐵板の溝内を通る。この開路時に生じた電弧は鐵板に運ばれ、次から次へと並べられた鐵板と鐵板相互間の間隙により電弧は冷却せられ消散せられる。消散せられた

電弧は接觸子及機構から完全に隔離せられた絶縁膨脹室に引出され、遮断器には何等障害を及ぼさず完全に消弧せられる。

第 8 図
デアイオン電弧消滅装置

分電盤組合せ

分岐回路用遮断器及主幹遮断器は種々な配線方式に依つて適當に組合せられ分電盤としての機能を發揮するのであるが、今此等組合せの標準的なものに就て概略を述べる。

電燈回路に於ける分岐回路の容量及分岐回路の承口の數は工作物規程に依り規定せられ、配線方式は電線の經濟的方面から種々検討せられる。單相二線式、單相三線式、三相三線式、三相四線式等の配線方式の内、先づ單極分岐遮断器と三極或は二極主幹遮断器の組合せは三相四線式又は單相三線式で

中性線接地方式のみに使用せられる。第 8 圖左側のものがこの組立を示す。

この方式に對しては最小 4 分岐から 2 の倍數で 40 分岐までを標準とし居る。接地側回路は中性母線から饋電せられるから開閉の必要がなく、非接地側の線を制御する爲め分岐遮断器は單極で結構である。中性母線端子盤は圖の項部に示す標準ブランク・セクションの内部に設け、非接地側の母線端子は主幹遮断器の有無に關らず盤の下方に取出してある。

二極分岐遮断器と二極或は三極主幹遮断器との組合せは單相二線式、三相三線式非接地方式に使用せられ、分岐回路數最小 4 分岐から 2 の倍數で 20 分岐までを標準とする。第 8 圖右側は之れを示す。この方式では中性母線端子を使用しないが標準ブランク・ユニットは使用する。

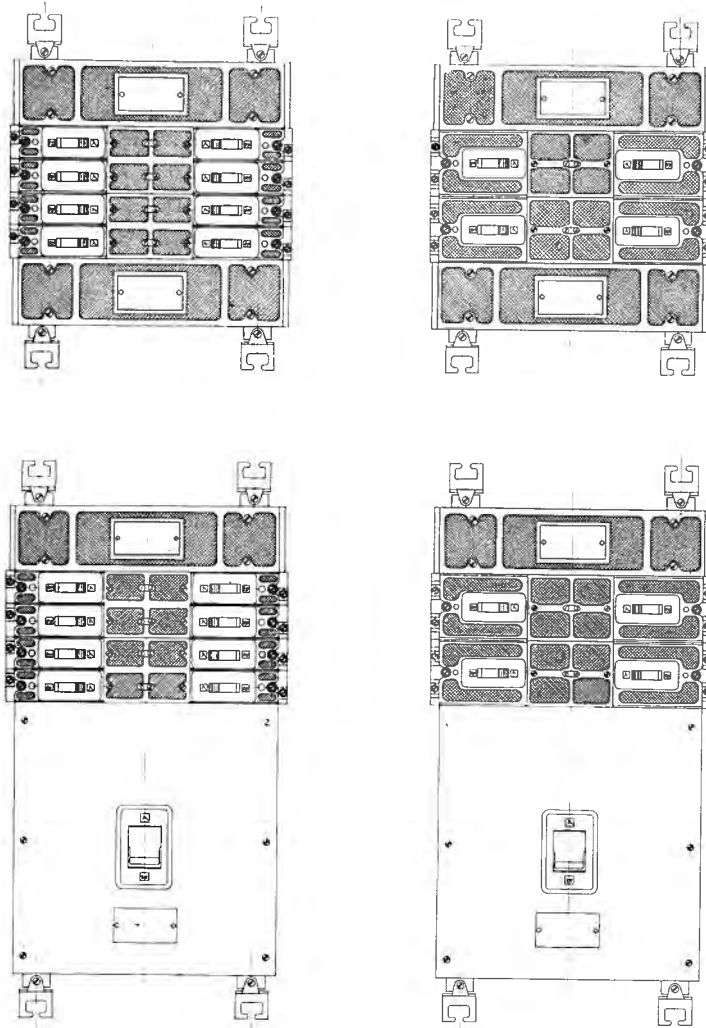
其他單極二極分岐遮断器の混合分電盤も作られる。

NF 型 ノーフューズ分電盤は取扱いが非常に簡易で、標準外函寸法は巾及深さを一定として回路數に依り高さが變化するのみである。分岐遮断器の定格變更は、トリムを外し中間カバーを取除けば他の回路は使用狀態の儘で遮断器を取換へ得る外、在來の可熔器を使用する分電盤の様に可熔片の熔断した場合に技術者の手を一々煩ふことなく誰にでも容易且つ安全に再閉路する事が出来る。

又分岐遮断器主幹遮断器共に充分なる遮断容量を有して居る。

以上は NF 型 ノーフューズ分電盤の構造及動作の大要を述べたものであるが、在來の分電盤に比し本分電盤は多くの優れた特徴を有し、新時代の分電

盤として使用者に充分なる満足と與へけるにつれて今日迄百貨店、映畫館、
るものと確信して居る。家庭電化の拓ビルディング等の大建築にのみ使用せら
れた分電盤も一般邸宅にまで進出する
ことを期待して居る。



昭和十一年十一月廿四日 印 刷
昭和十一年十一月廿五日 内務省納本
昭和十一年十一月廿七日 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

神戸市須磨區天神町五丁目五一
鈴 木 貢 一

大阪市東區北久太郎町 サン製版印刷所
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