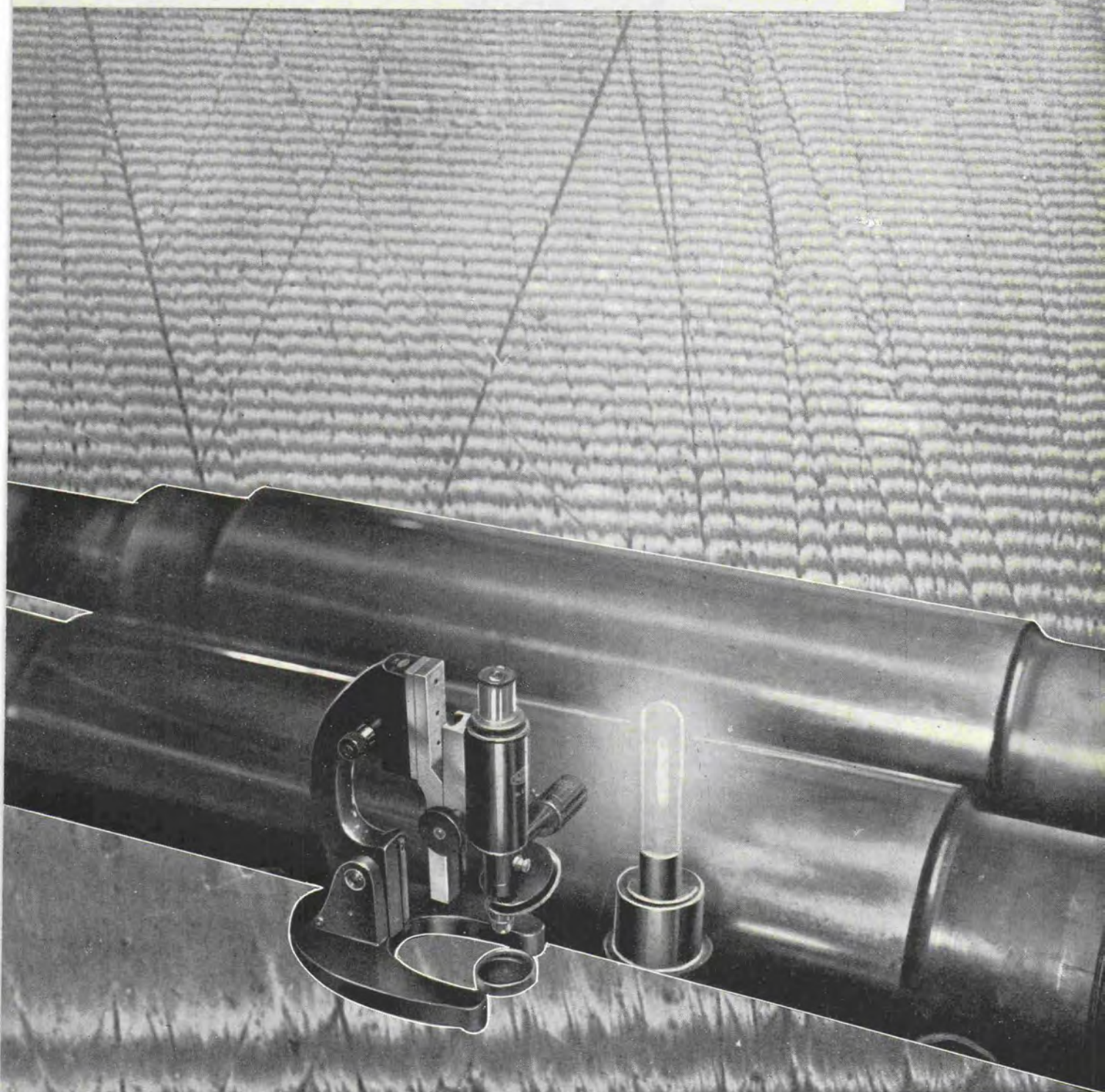


MITSUBISHI - DENKI

三菱電機



三菱電機株式会社

5

VOL. 24
1950



三菱電機

寫眞解説

超仕上を行つた材料の粗度を光干渉法で測定し、これを800倍に拡大したものと、その測定状態を示したものであります。

粗度 0.118S (1.118/10,000mm)

波長 5895.39 Å

材質 チルドスチール

硬度 75 Hs (ショア)

三菱電機株式会社

本社

東京都千代田区丸ノ内(丸ビル2階)

電話丸ノ内(23) 3341-9

施設部 千代田区神田鍛冶町3の3

電話神田(25) 3338・3414・4207・4222・

5196・6040

神戸製作所 神戸市兵庫区和田崎町

名古屋製作所 名古屋市東区矢田町

伊丹製作所 兵庫県尼ヶ崎市南清水

長崎製作所 長崎市平戸小屋町

大船工場 神奈川県鎌倉市大船

世田谷工場 東京都世田谷区池尻町

郡山工場 福島県郡山市字境橋町

福山工場 福山市沖野上町

姫路工場 兵庫県姫路市千代田町

和歌山工場 和歌山市岡町91

中津川工場 岐阜県惠那郡中津町

福岡工場 福岡市今宿青木690

札幌修理工場 札幌市北2条東12

研究所 兵庫県尼ヶ崎市南清水

大阪営業所 大阪市北区(阪神ビル内)

電話福島(45) 5251-7.2487

名古屋営業所 名古屋市中区廣小路通2の4

電話東(4) 869・2338・4710・4711

福岡営業所 福岡市天神町(天神ビル内)

電話西 4480・4754・5091

札幌営業所 札幌市南1条西5の14

電話 3373・3911

仙台事務所 仙台市大町4の33

電話 仙台 376

富山事務所 富山市安住町23の2

電話 4692・5273

広島事務所 広島市袋町1(明治生命ビル)

電話 中(2) 1069

昭和25年 第24巻 第5号

目次

天皇 皇后 両陛下 名古屋製作所へ御来臨

選炭場の総括制御.....	2
武田 英夫	
超仕上加工法の応用.....	12
高田 真藏	
変圧器の衝撃電圧試験(2).....	18
木村久男 堀 真幸	

昭和25年 第24巻 第6号

内容豫定

最近のNF型デアイオン気中遮断器.....	篠崎 善助 高見 滋
変圧器の衝撃電圧試験(3).....	木村 久男 堀 真幸
拔型強度の計算.....	斎藤 長男
青写真焼付用石英水銀灯.....	小椋 義正

昭和25年12月15日印刷

昭和25年12月20日発行

『禁無断転載』

定價1部金30円(送料6圓)

編集兼發行人

吾郷 侃二

東京都千代田区丸ノ内2丁目3番地

印刷者

大橋 松三郎

印刷所

博文堂印刷所

東京都港区麻布竹谷町1番地

發行所

三菱電機株式会社内

「三菱電機」編集部

電話丸ノ内(23) 4151(9)

日本出版協会會員番號 213013

(401) 1

選 炭 場 の 總 括 制 御

選炭場の総括制御がとりあげられてから既に十数年になる。総括制御の一般的な解説や新設の総括制御装置についてはしばしば発表されており今更論ずるまでもないことであるが、最近再び選炭場の総括制御が各所の炭礦で計画されており、資料を要求されることもあるので、立案の参考に供するため、主として設計計画の面から選炭場の総括制御装置について述べた。

長崎製作所 武 田 英 夫

1. 緒 言

選炭場の総括制御がとりあげられたのは比較的古く十数年以前であり、一時は各炭鉱に広く採用せられ、新設の選炭場では電動機の各個運転とこれ等の総括制御は常識となっていた。戦時中および戦後は種々の事情のため大部分の選炭場は単独運転を行っていたが、最近世々の平常化とともに現在の単独運転を総括制御に変更する計画が各炭鉱で実施されている。また選炭場の新設計画も相当多くこれ等はすべて総括制御の採用が考慮されている。本文ではその立案の参考として、主として設計計画の面から選炭場の総括制御について述べてみたい。

2. 受電及び配電の計画

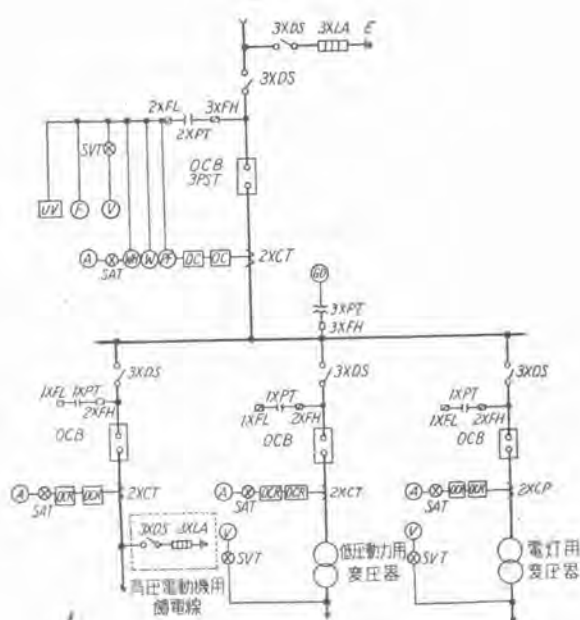
ア. 受電盤、饋電盤、変圧器盤

選炭場は通常各炭鉱の変電所より普通高压で給電され直接特高配電線に連絡されることはほとんどない、また使用電力も相当大規模のものでも 2,000 kVA 程度に過ぎない。使用される電動機はポンプ、ブロー、クラッシャー等は通常 50HP~200HP 程度の高压直入籠形電動機、ベルトコンベヤ、バケットエレベータ、水洗機、チップラ、選炭機等は減速電動機が多く、容量 2HP ないし 40HP 程度の低压直入籠形電動機である。また夜間作業その他に備えて照明装置も必要である。したがって選炭場の受配電盤としては受電盤、高压饋電盤、低压動力用変圧器盤、電灯用変圧器盤等が必要である。1 図及び 1 表はこれ等の標準結線図及び標準取付器具表を示したものである。

操作方式を手動操作にするか、電磁操作にするかは油入遮断器の容量、電気室の配置の都合等を考慮して決定

する。通常手動操作が困難なほど大容量の油入遮断器を使用することは少ない。電磁操作の場合は操作電源として蓄電池を設けるか、イグナイトロンまたは乾式整流器を設ける。蓄電池を設けると停電の際等の非常電灯用に使用できて便利であるが充電設備も必要となり高価になることはまぬかれない。受電盤等の構造は幾分高価とはなるが開放型よりはキューピクル型とした方がよい。

次に受電盤及び饋電盤等の計画に当り注意すべき点は油入遮断器の遮断容量と計器の目盛範囲である。



1 図 受電盤標準結線図

受電盤、饋電盤、変圧器盤はいずれも十分な遮断容量を有する遮断器を使用すべきであるが、所要遮断容量が比較的大きく費用の関係でそれが困難な場合には受電盤のみに十分な遮断容量を有する遮断器を使用し、その他には所要遮断容量を有する電力ヒューズと油入開閉器を併用してもよい。あるいはまた受電盤の他は非自動遮断式として過負荷の際には警報により運転手が開放操作するように計画してもよい。

計器特に電流計及び電力計の目盛は需要率を考慮して適当に選定する必要がある。通常電動機盤では定格の150%~200%程度に最大目盛を選ぶが、受電盤等ではこの選び方では目盛が過大となりがちである。

参考までに選炭場で使用される程度の当社の油入遮断器、電力ヒューズ、操作電源用整流器の諸要目を2表、3表、4表に示した。(所要遮断容量不明の場合は、電学誌第709号昭和22年P.215に掲載された送電系統短絡電流特別委員会制定の送電系統短絡電流計算法を参照されたい。)

イ. 低圧動力用変圧器の容量

通常総馬力数と需要率から適当に決定しているようであるが、変圧器容量にくらべて比較的大容量の直入電動機を設備するときには一応起動電流による電圧降下と起

1表 標準取付器具表

	受電盤	饋電盤	変圧器盤	備考
SY型 交流電流計 A	1	1	1	
" 交流電圧計 V	1		1	
" 指示電力計 W	1		(低壓側)	
" 力率計 PF	1			
" 周波計 F	1			
" 検漏計 GD	1			
MY型 積算電力計 WH	1			
RS型 電流計切換開閉器 SAT	1	1	1	
" 電圧計切換開閉器 SVT	1		1	
CV型 低電圧継電器 OV	1			電磁操作の場合
(又は低電圧引外装置)	1	1	1	手動操作の場合
CO又は過電流継電器 OC	2	2		電磁操作の場合
COT型 油入遮断器 OCB	1	1	1	装置一式を含む
W型 同上用赤緑信号燈	1組	1	1	
同上用補助開閉器	1	1	1	
DS型 断路器 DS	3	3	3	
" 断路器(避雷器用) "	3	(3)		
BV型 避雷器 LA	3	(3)		
交流器 CT	2	2	2	
計器用変圧器 PT	2	1	1	
同上用高压可溶器 FH	3	2	2	
検漏計用変圧器 PT	3			
同上用高压可溶器 FH	3			
低圧可溶器 FL	2	1		
操作桿	1			
タンタリフター	1			

2表 油入遮断器の遮断容量

O.C.B 型名	定格 電圧 (V)	定格 電流 (A)	3 相近似 遮断容量	備考	投入 D.C. 電流 110V	引外 D.C. 電流 110V
F-11	2,500 4,500	400 20	20MVA		30A	2A
F-122 又は F-22	2,500 7,500 7,500	800 400 600	30MVA	手動操 作 電磁操 作 何れで も可能	23A	4A
F-124	15,000 7,500 4,500	600 1,200 2,000	60MVA		50A	4A
F-100	15,000 15,000 7,500	600 1,200 2,000	120MVA		50A	4A
B-220	15,000	600 1,200	250MVA	電磁操 作	50A	4A

3表 操作電源用整流器

称呼型名	直流出力	交流電源	備考
セレン整流器	SC-35 39 315 321	100V 45A " 90A " 150A " 210A	200V 50/60~ " " " " " "
イグナイトロン	SI-29 215 221	100V 90A " 150A " 210A	" " " " " "

4表 電力フューズ

	定格電圧 (V)	定格電流 (A)	遮断容量 (3 相近似)	備考
BA-1型	6,900	5~200	325MVA	断路型直取付
"	115,000	"	500 "	3,500Vの時の遮断容 量は約 160MVA
"	23,000	"	600 "	

動時間について検討する必要がある。

変圧器の電圧降下は次式より計算できる。

(1) 電動機起動前、変圧器が無負荷である場合、

$$(\% \text{電圧降下}) = \left\{ m q_r + n q_x + \frac{(m q_x - n q_r)^2}{200} \right\} \times \frac{I_s}{I_0}$$

ただし m は起動電流の力率 ($\cos \phi$)

n は起動電流のリアクタンス率 ($\sin \phi$)

q_r は変圧器の定格電流による%抵抗降下

(% $I_0 r$)

q_x は変圧器の定格電流による%リアクタンス降下 (% $I_0 x$)

I_s は電動機の起動電流

I_0 は変圧器の(二次)定格電流

これらのうち電動機、変圧器の諸定数が不明な場合には大略次の如く想定して大過ない。すなわち選炭場で使用される電動機または減速電動機では定格電流は $HP \times 3$ (200Vの場合)あるいは $HP \times 0.2$ (3,000Vの場合)、 $m =$

5 表 籠形誘導電動機 (三電打合會資料)

容 量 (HP)	極 数	電 圧 (V)	起動時の力率(%)	
			50～	60～
300	4	3000	35	30
75	"	"	40	35
30	"	200	45	40
15	"	"	50	45
7.5	"	"	"	"

6 表 減速電動機 (實測値)

機 種	周波数 (～)	電 圧 (V)	起動電流 (A)	起 動 時力率 (%)
GM-2HP 4P	50	200	33.3	63.8
" 3 " 4 "	"	"	47.9	58.3
" 5 " 4 "	"	"	92.7	47.6
" 7½ " 4 "	"	"	131	43.0
GM 10 " 6 "	"	"	116	39.4
" 15 " 6 "	"	"	142	44.2
" 20 " 6 "	"	"	—	—
" 30 " 6 "	"	"	368	61.8
GM 10 " 8 "	"	"	132	47.5
" 15 " 8 "	"	"	164	41.8
" 20 " 8 "	"	"	210	38.4

7 表 第1種籠形誘導電動機 (開放型, 計算値)

出力 (HP)	極数	電圧 (V)	周波数 (～)	起動 電流 (A)	起 動 電 流 (%)	起 動 回転力 (%)	起 動 時力率 (%)
50	6	3,300	60	42.0	505	130	40.1
100	"	3,000	50	84.5	467	118	34.6
150	"	3,300	60	98.0	424	71.0	23.8
200	"	"	50	160	494	94.0	28.6
300	"	3,000	"	229	430	102	30.8
50	4	3,000	60	46.2	525	88.0	24.2
100	"	3,300	"	86.7	556	87.0	22.5
150	"	"	50	97.7	414	73.0	26.4
200	"	"	60	179	585	97.0	23.1
300	"	"	"	218	506	72.0	19.0
100	2	3,000	50	116	648	126	29.0
150	"	3,300	"	136	582	101	27.1
200	"	"	"	125	383	60.0	20.8
300	"	"	60	244	461	73.7	19.2

8 表 単相変圧器の%抵抗降下 (3,150/210V 級)

変 圧 器 容 量 (kVA)	10	15	30	50	100	200
% 抗 抵 降 下	2.5	2.4	2.0	1.9	1.7	1.4

0.4, $n=0.92$, I_s = 電動機定格電流の 600% 程度, と考えておけばよい. 5 表, 6 表, 7 表は電動機の特性の一例を示したものである.

変圧器の定数は 3,150/210V 級では q_s は容量の大小にかかわらず 4% 程度, q_r は容量により変化しほぼ 8 表の如くである.

(2) 電動機起動前変圧器に負荷がかかっている場合

この場合は (1) と同様にして運転中の負荷電流による電圧降下, 起動電流と負荷電流のベクトル和による電圧降下を求め得る.

以上で起動電流による電圧降下は大略見当がつく. 次に起動時間であるが, 電圧降下の程度は若干大きくても起動時間したがって電圧降下の継続する時間が極めて短時間ならば実用上差支えない. 選炭場では定格電圧より 15% の短時間の電圧降下は何等支障がないと思われる. 連続的な許容電圧変動範囲は, 一般には, 電動機は $\pm 10\%$, 電磁石類は 85% ~ 110% である.

なお直入電動機の起動電流に対する考慮は当然高圧側にもなさるべきであるが実状はその必要がないことが多い. また低圧動力設備を 1 組とするか 2 組あるいはそれ以上に分割するかは, 各系統 (後述) 別の容量, 全容量を考慮して適当に決定すべきである.

電灯用変圧器の容量はよくわからないが受電電力の 1 ~ 1.5% 程度とみておけばよいと思う.

3. 総括制御の計画要領

選炭場の総括制御を計画するにあたり考慮すべき事項を簡単に述べる.

ア. 系統の区分

選炭場の全機器はこれを直接連絡された機器を一群として数個の系統に区分し, 各系統毎に総括制御を行い, 必要に応じて各系統間にインターロックを施すように計画する.

選炭場の規模にもよるが, 全機器を単一の系統とするよりは適当に区分された数個の系統に分割した方が運転の融通性が高く, 所期の効果もあがりやすい.

系統の区分はポケットまたは沈置槽等を境界とするのが普通である. 機器の数が多く石炭輸送経路が複雑な場合には, 直接連絡ある一群の機器を更に二三の系統に区分することもある. 通常は手選, 水洗, 微粉程度に区分し, 大規模で機器の数が多し時には送炭, 手選, 水洗, 微粉, 積込等に区分する. 場合によつては例えば水洗を更に主洗, 再洗, 三洗等に細分することもある. 系統が多くなれば信号が複雑になり運転手の負担が重くなるから過多にならないようにすべきである.

イ. 制御の集中

これ等全系統の運転は, 通常適当な位置に設けた運転室から行い, 現場と運転室の信号連絡を完全にして, 1 人の運転手の制御下に置くようにする. 場合によつては選炭場の計画の都合で, 各系統毎にあるいは数個の系統毎

に運転室を設けることもあるが、できれば受電盤、変圧器、制御装置等を一切電気室にまとめ、運転室も電気室内に設けた方がよい。何れにしても現場は湿気や炭塵が多く、保守上からも好ましくないし、分散配置は不経済でもあるから制御器具はなるべく運転室に集中するようにする。

運転室は選炭場の各機器の配置に応じ適当な位置に選ぶとともに防湿防塵について十分考慮を払わねばならない。

なお試運転とか非常の場合には、必要に応じ各現場においても所望の機器の運転、停止をなし得るように計画することが必要である。

ウ、順序起動及び順序停止

選炭場の機械設備は一種の石炭運搬設備とも考えられる。そしてこれ等多数の機械は石炭輸送経路にそつて互に連絡して設置されているから、運転開始の際にはこれ等を一定の順序で逐次起動した方がよい。またいま一つの理由としてはほとんど全部の電動機が直入起動式であるから、起動電流の点からも全電動機を一斉に起動せず各電動機を一定の順序と適当な時間間隔で自動的に順序起動を行う必要がある。順序起動は通常石炭輸送経路と逆方向すなわち精炭側から行う。

運転休止の場合には一斉に停止してもよいが、各機械の継目に石炭の溜まることを避けるためと次回の起動を容易にするため、原炭側から一定の順序と適当な時間間隔で自動的に順序停止を行つた方がよい。なおクラッシャー等の特殊な機器の運転停止については後述する。

エ、各電動機間のインターロック

前述の如く選炭場の各機械はそれぞれ互に関連して一つの輸送経路をなしているから、ある電動機を運転するためには必ずその精炭側にある関連した電動機が運転しておる必要があり、またある電動機が停止すればこれにより原炭側にある関連した電動機を自動的に停止させる必要がある。このため各電動機間には石炭の流動経路に応じてインターロックを施す。

オ、照光盤

選炭場の如く多数の機械が関連して運転している所では、1人の運転手で全部の機械を監視できるように運転室を作ることは無理であるし、またたとえても立体的に配置された多数の機械を1ヶ所から監視することは甚だ困難であるから、選炭場全体を平面的に縮小し、石炭流動経路を具体的に表現して、信号燈の点滅あるいは色別を利用して、各電動機の運転、停止、故障等の状況を一目して明瞭に知ることができるようにしたい。ゆゑ照光盤を設けることが必要である。照光盤は視覚による監視装置であるが、重要な事項に対しては聴覚による監視装置すなわち電鈴、ブザー等を併用して一層明確に警報を與えねばならない。

4. 総括制御方式

前節においては選炭場の総括制御の計画について一般選炭場の総括制御・武田

的な説明をしたが、本節ではさらに具体的に信号連絡、起動停止の方式について述べてみたい。

ア、信号連絡及び操作の一例

運転室と現場との信号連絡は、中央に一切を集中した総括制御方式では極めて大切なものである。この信号方式としては運転室と現場との距離、設備の規模、運転状況等によつていろいろの段階が考えられる。以下に述べるものは比較的規模の大きい場合の当社の標準方式である。〔2図(A)(B)、3図(A)(B)(C)参照〕

(1) 所要器具

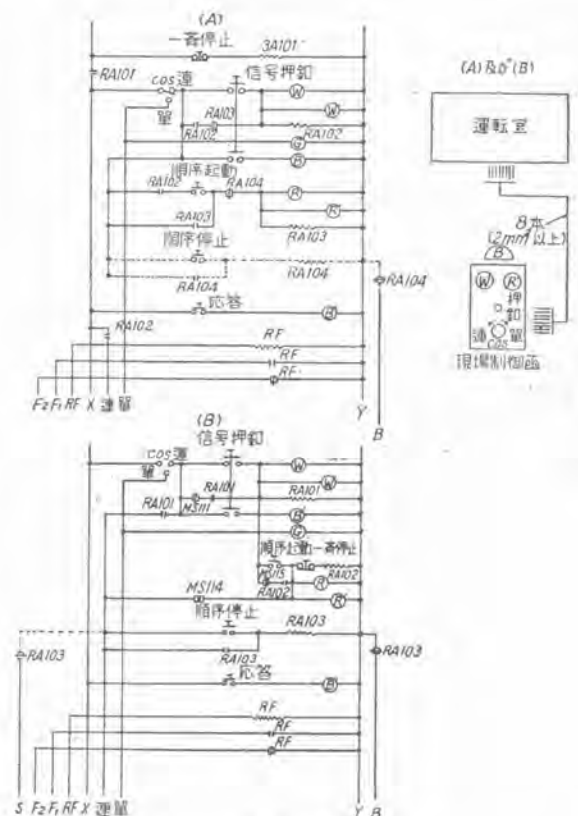
運転室には照光操作盤を、現場には各系統毎に1台の現場制御函、電動機毎に各1個宛の起動警報ベルと現場操作開閉器を設ける。(詳細は省略)

(2) 運転準備

運転開始に先だつて各機械の点検をなし、運転に差支えない状態にあれば各電動機の現場操作開閉器を連動ノッチに入れる。通常の運転状態では大部分の電動機の現場操作開閉器は連動ノッチに入れたまゝであるから毎回この操作をする必要はない。この操作により運転準備の完了した各電動機の照光窓(運転室制御盤照光盤上)は白色に点灯し運転準備完了を表示する。

(3) 起動要求

ある系統の全電動機の運転準備完了後、その系統の現場制御函にある連動、単独切替開閉器を連動に入れ、発信用押鈕を押せばこれが運転室に対する起動要求となる。



2図 標準信号回路

運転室の制御盤では前記起動要求押釦が押されている間、受信ベルが鳴りかつ系統別の白色信号灯が点灯し、その系統が起動準備を完了し、起動要求中なることを表示する。一方現場制御函でも確認の意味で白色信号灯が点灯する。この現場よりの起動要求信号により補助継電器が作動し、はじめて制御盤の起動押釦による運転開始が可能になる。

起動要求白色信号灯は起動押釦の操作により順序起動が開始される迄点灯している。もし何等かの都合で起動要求信号を取消す必要があれば前記連動、単独切替開閉器を一たん断にすればよい。この操作により白色信号灯は消灯し、再び切替開閉器を連動に入れても白色信号灯は点灯せず起動要求以前の状態に戻る。

(4) 運転中における現場より運転室への信号

ある系統の運転中現場より運転室へ信号を送る場合には、発信押釦を押せばその操作に応じて制御盤の受信電鈴及び系統別白色信号灯(前述)が点滅する。その長短、断続等によりある程度の信号が可能である。複雑な信号を必要とする場合には信号指示計と単打電鈴との併用も考えられるが一般にはその必要はない。

(5) 応答及び運転室より現場への信号

制御盤の各系統別の発信押釦により現場制御函のベルを鳴らして応答とする。またその鳴音の長短、断続により簡単な信号としても使用できる。ベルは一応一系統1個とし現場制御函に取付けたが数を増して別の位置に取付けても差支えない。

(6) 順序起動

順序起動の自動方式については4のイ.を参照されたい。ここでは順序起動時の警報(信号)についてのみ説明する。

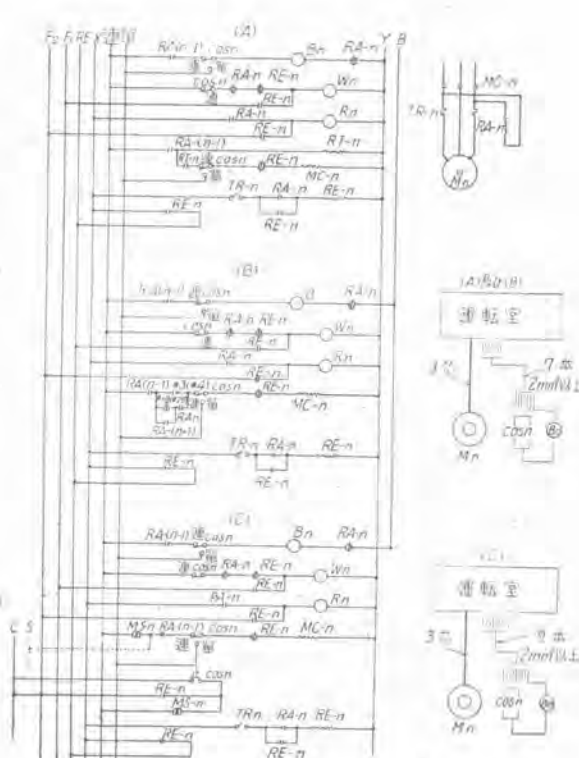
起動押釦を押せば起動要求の白色信号灯は消灯し、連動運転表示の赤色信号灯が運転室制御盤及び現場制御函の両方に点灯して連動運転中なることを表示する。同時に起動順位第一の電動機の起動警報ベル(現場)が鳴り始め、数秒後その電動機が起動する。起動すればそのベルは鳴り止み、起動順位第二の電動機の起動警報ベルが鳴り始める。以下同様にして起動警報をなしつつ順序起動を行う。電動機の起動とともに照光窓は逐次赤色になり順序起動の進行状況を表示する。場合によつては起動警報は電動機数台毎あるいは系統毎に行うこともある。

(7) 順序停止、一斉停止

順序停止または一斉停止とも別に特別な警報は行なわない。順序停止回路については後述する。連動運転表示の赤色信号灯は消灯し、照光窓は電動機の停止とともに白色となる。

(8) 事故による現場停止

連動運転中機械的事故その他である機械を現場停止したい場合には、その電動機の現場操作開閉器を停止ノッチに入ればよい。この操作によりその電動機及びこれとインターロックされた電動機は一斉に停止し、現場停



3 図 標準制御回路

止した電動機の照光窓は赤色、白色とも消灯し、インターロックにより停止した電動機の照光窓は白色になる。

停止原因を除去し、現場操作開閉器を連動ノッチに入れば、停止電動機は起動警報を行いつゝ自動的に順序起動する。

(9) 過負荷停止

連動運転中、ある電動機が過負荷となれば過負荷継電器によりその電動機は直ちに停止し、これとインターロックされた電動機も停止する。

過負荷継電器が作動すれば運転室つ制御盤では、

- その電動機の照光窓は赤色と白色と交互に点滅する。
 - インターロック停止した電動機の照光窓は赤色から白色になる。
 - 警報ブザーが断続して鳴る。
- また現場では
- その電動機の起動警報ベルが鳴りつゞける。

これ等の警報は一斉停止をするか、故障電動機の現場操作開閉器を停止ノッチに入れ、過負荷継電器をリセットするまでつゞく。後者の場合には過負荷継電器をリセットし現場操作開閉器を再び連動ノッチに入れば、停止電動機は自動的に起動警報を行いつゝ順序起動し運転状態に復帰する。

(10) 停電

停電の際にはすべての状態は運転開始前に戻る。したがつて電圧回復後の再運転は起動要求操作からやり直す必要がある。

(11) 単独運転

試運転あるいは点検、手入れのためある電動機を単独運転したい場合には、現場制御函の切替開閉器を単独側に入れたのち現場操作開閉器により運転する。切替開閉器の操作によりその系統の連動運転制御母線は切り放され、単独運転制御母線が生じる。運転室の制御盤上にはその系統の単独運転表示の緑色信号灯が点灯する。ある電動機が単独運転中は原則としてその系統の連動運転はできない。

2 図 (A), (B) は運転室、現場制御函間の信号方式を示し、3 図 (A), (B), (C) は次に述べる 3 種の自動順序起動方式と組み合わせ、上記の作動を満足する電動機の制御回路を示す。

4. 順序起動方式

選炭場の計画及び規模に応じた系統の区分法については既に述べた。本節では区分された各系統内の電動機の順序起動の計画及び順序起動方式について詳説する。

(1) 起動順序の立案

まず選炭場の計画により石炭流動方向を調査し、フローシートを作成する。このフローシートにより石炭の流動方向と逆の方向から起動するように起動順序を決定する。起動順序の決定に際してはなお次の点に十分考慮を払う必要がある。

a. 可及的速やかに全運転状態にすること、したがって各起動順位間の時間間隔は許し得る限り短くとること

である。通常 5 秒 (3~10 秒) 程度にする。

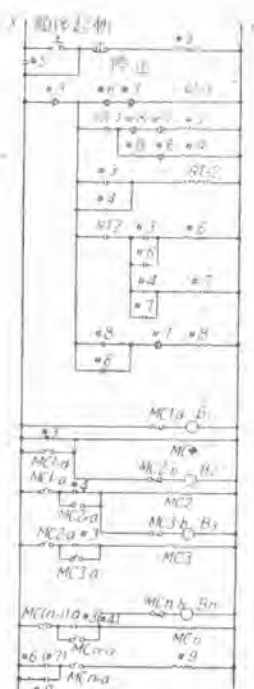
b. これは a 項とも関連する問題であるが、斜坑集団ベルト運転に多くみられるように石炭の流れが単系列の場合とは別として、選炭場の如く数系列の流れが複合されている場合には同時に起動する電動機の種類、用途及び起動電流を検討し、全起動時間を短縮するため、異系列の順位の同じものはなるべく同時に起動するように考慮するとともに同時起動の起動電流の和が許容値を超過しないように注意せねばならない。この起動電流の検討は高圧、低圧両回路とも行う必要がある。この許容起動電流の大きさは第 2 節で述べたように電源の種類、容量、既に運転中の負荷の大きさ、力率、起動電流の大きさ、力率等種々の条件により決定されるものである。通常回路の電圧降下を 10% 以下におさえるように選定する。

単機の起動電流に対してはこれに十分耐え得るように電源設備を選定すべきで、やむを得ない場合を除き、減圧起動を行ったり、巻線型として制御装置を複雑にすることは避けねばならない。

(2) 自動順序起動回路

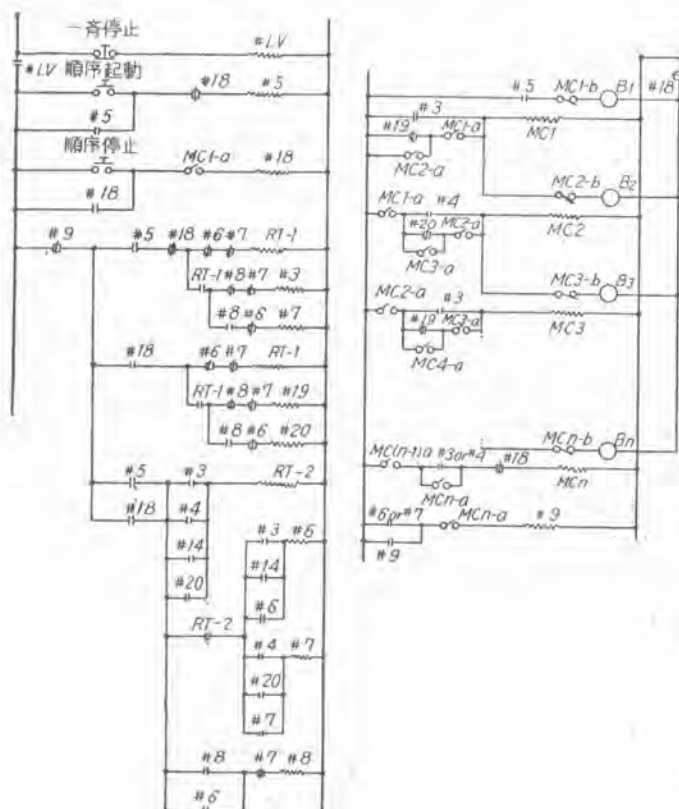
現在当社の標準方式には次の 3 種がある。

a. 各電動機毎に限時継電器を設け、起動順位が直前の電動機が起動すれば限時継電器が限時動作を始め、一定時間後次位の電動機を起動する方式である。〔3 図 (A)〕この方式は極めて素朴な方式であるが計画の変更に対する融通性に富むことと、時間間隔が各個に任意に調整で

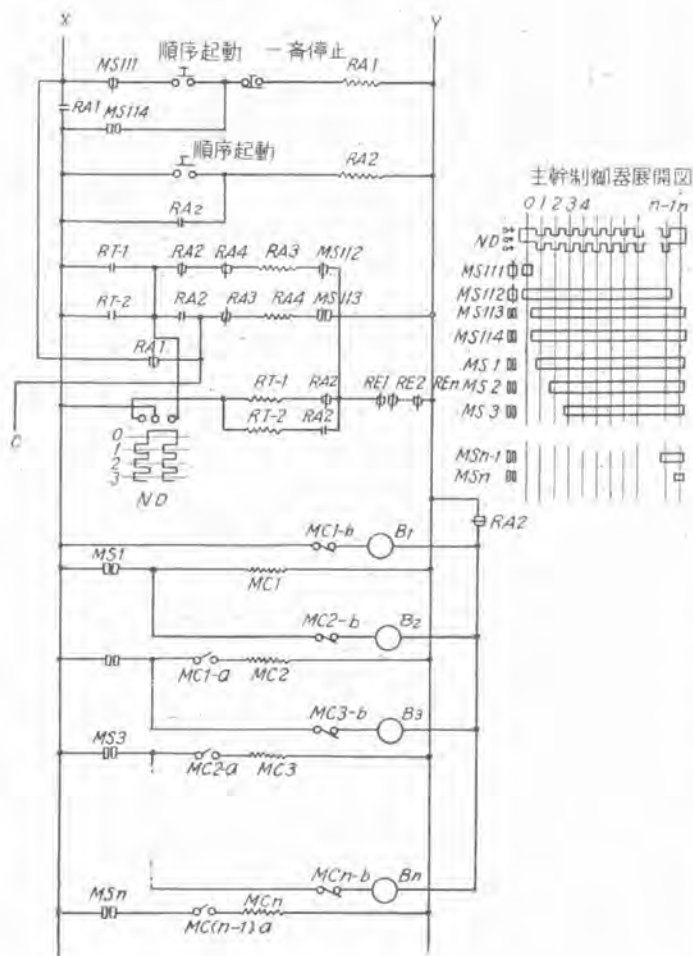


4 図

順序起動回路



5 図 順序起動及順序停止回路



6 顺序启动及顺序停止回路

きる点等すて難い味がある。この方式で問題となるのは
 限時継電器の数の多いことであつてその信頼性の高いこ
 とと価額が低廉なことが強く要求される。この方式は
 比較的小規模な選炭場に用いられる。また制御に対す
 る要求が極めて複雑な場合には規模の大きい選炭場に
 用いて効果があることがある。順序停止も行う場合には
 限時継電器は電動機台数の2倍も必要となるから、
 極めて小規模の場合を除き次のbまたはcの方式によ
 ることが望ましい。

b. 2 個の限時継電器と若干の補助継電器を組合わせた自動順序起動方式で、4 図及び 5 図に示すものは当社の特許方式である。(特許第162948号 第162949号)

限時継電器の使用個数は電動機の台数にかゝわらず常に 2 個で足り、被制御電動機 1 台につき僅かに継電器接点 1 個の増加でよい。したがつて限時継電器は高級な信頼性の高いものが使用できる上に個数が少いので十分点検、手入れができるしまた予備を用意することも容易である。この方式は相当融通性もあり廉価でもある。4 図は自動順序起動のみを行う場合、5 図は自動順序起動と自動順序停止を行う場合の概要を示したものである。

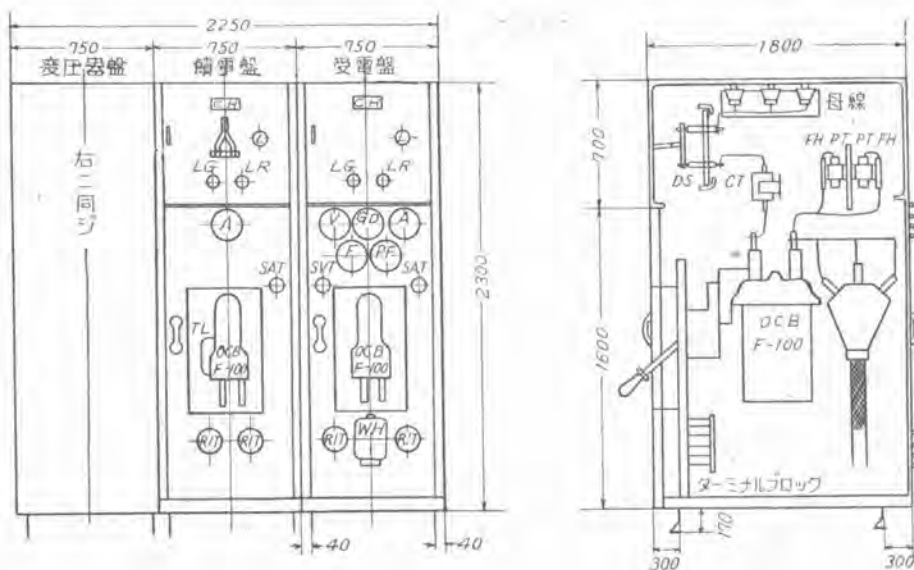
c. 電動操作式・主幹制御器を使用しそのノッチングを限時継電器により制御する方式である。
6 図に当社の特許方式の一例を示す。(特許第 151197)

この方式は継電器類の使用少く信頼性の高い方法である。万一継電器故障の場合にも、手動操作把手で主幹制御器を操作することにより順序起動、順序停止ができる利点があるが、計画変更に対する融通性は他の方式に比して劣る。また複雑な制御を要求される場合には不向である。この方式は順序起動、順序停止何れも可能である。

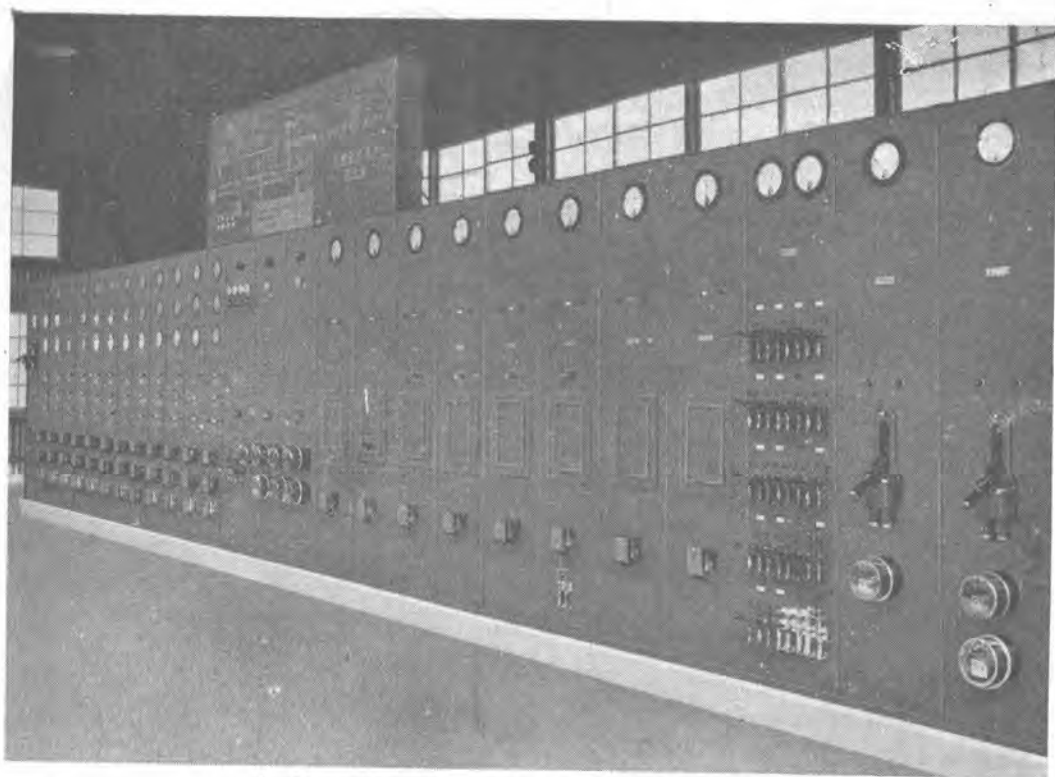
ウ、停止方式

通常選炭場の総括制御では順序停止を行うことは少く一斉停止のみとすることが多い。順序停止を行う場合には停止順序は石炭流動方向と同じ方向、したがって起動方向と逆の方向で通常30秒～60秒程度の時間間隔とする。自動順序停止回路は前記5図及び6図に一例を示した。

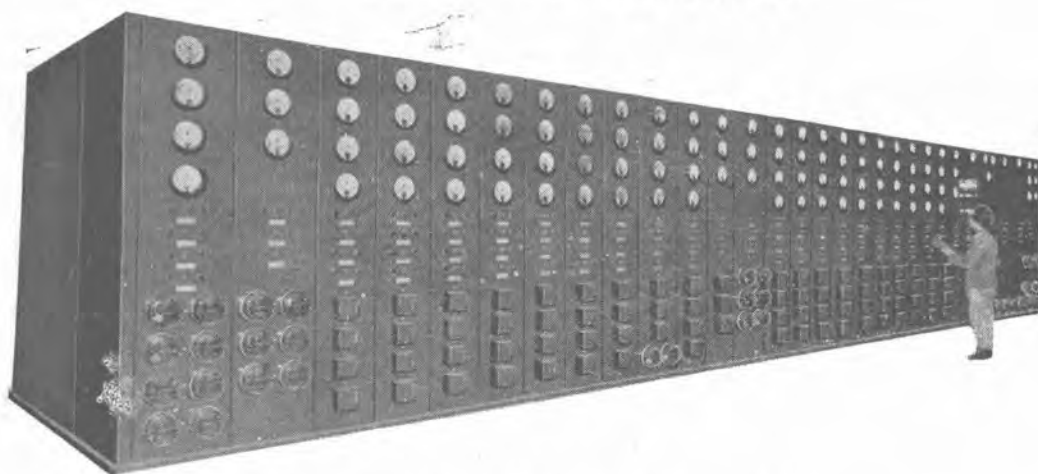
クラッシャー及び場合によつてはバケットエレベータ等は次の起動を容易にするため、系統の停止と同時に停止させず適当な時間(数分から十数分)運



7 圖 要 電 器



8 図 連続キュービクル型総括制御盤



9 図 連続キュービクル型総括制御盤

転の後限時継電器により自動的に停止させるが、制御盤から操作開閉器の操作により停止させるように計画するのが普通である。またこれ等の特殊機械は過負荷及び現場停止の場合でもインターロック停止をさせないのが普通である。なおこれ等の機械に直接関連した機械も順序停止からはずし、インターロック停止をしないこともある。

エ. その他

バウム式水洗機の運転にはポンプとブロワーが必要であるがこれ等は連動運転には含めず単独運転とインターロック程度とすることが多い。

クラッシャーのシャブンの接断、ローラ・スクリーンベルトはすれ等に対しても特別な保護を計画することがある。またコールビンまたはポケット内の石炭または選炭場の総括制御・武田

硬（ボタ）の表示装置を設けたり、さらに進んではこれと総括制御装置と関連させる場合もある。

5. 構造

ア. 受電盤、饋電盤、変圧器盤

通常キュービクル式とする。一例を7図に示した。本例は手動操作遮断容量 120MVA の油入遮断器を使用した場合である。

イ. 電動機盤

標準方式を大別すると連続キュービクル式と単位キュービクル式との二つになる。選炭場の規模及び据付関係からその都度適当な方式を選ぶ。

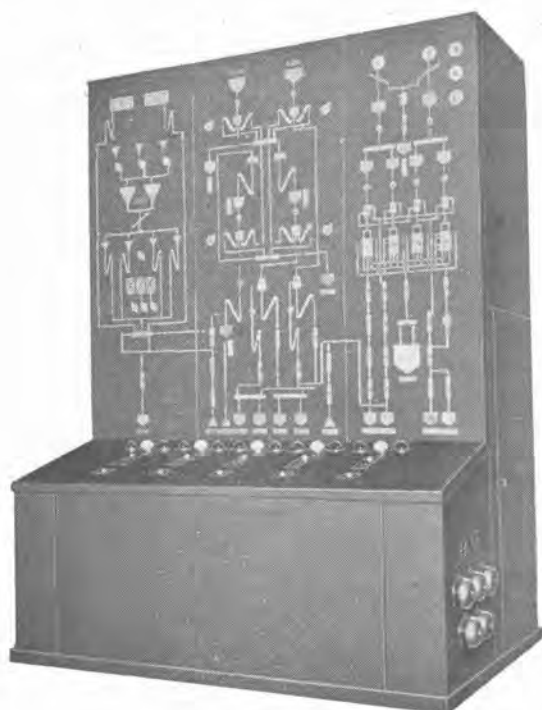
(1) 連続キュービクル式

本方式は受電盤、変圧器盤、饋電盤等をはじめ高圧電

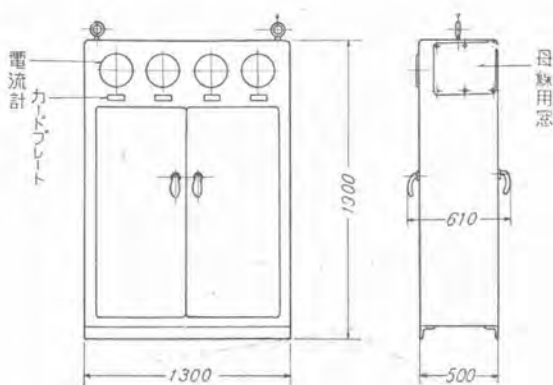
動機盤、低圧電動機盤等一切を歴大な連続キュービクル盤にまとめたものである。8図、9図 通常高圧電動機は1台に付1面、低圧電動機は3台または4台につき1面にする。8図は全部の制御装置をキュービクルにまとめたものを示し、9図は高圧まわりは別室に置き、照光盤と操作盤は10図の如く机盤として別にまとめた場合の例である。



12 図 単位式高圧電動機盤群



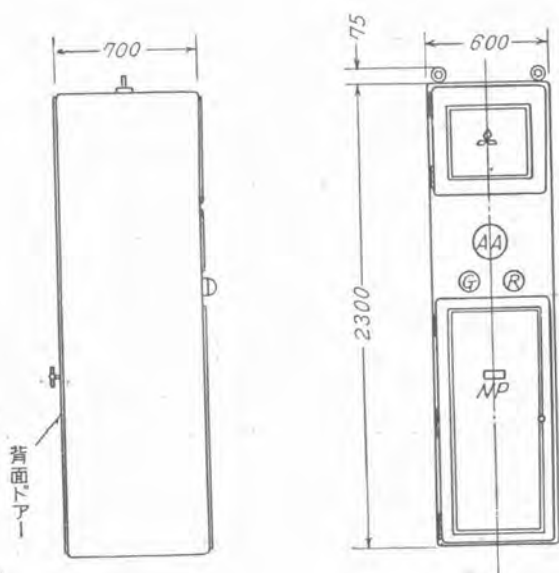
10 図 照光操作盤



13 図 単位式低圧電動機盤



14 図 単位式低圧電動機盤

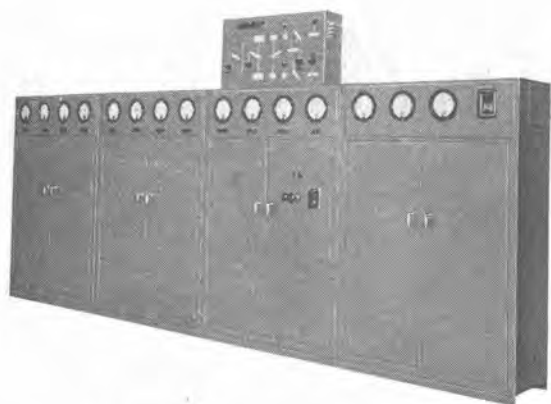


11 図 単位式高圧電動機盤

(2) 単位キュービクル式

高圧電動機1台毎に11図、12図の如き単位キュービクル1台としこれ等を並置して一群のキュービクルにまとめ、共通母線を張る。しかしてその数の増減は自由にできるようにする。

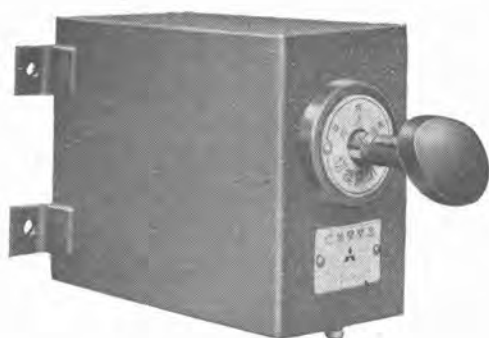
低圧電動機盤は電動機4台毎に1面の単位キュービク



15 図 単位式低圧電動機盤群と照光盤



16 図 現場制御箱



17 図 現場操作開閉器



18 図 電動操作式主幹制御器

ルとしてこれ等を並置して共通母線を張る。(13図, 14図, 15 図)

ウ. 制御盤, 照光盤

小規模なものは 15 図の如く簡単なものにするが大規模な場合には 10 図の如き机盤とする。

エ. 現場制御盤, その他

16 図は現場制御箱の一例を, 17 図は現場操作開閉器の一例を示す。また 18 図は電動操作式カム型制御器を示す。

6. 結 言

以上選炭場の総括制御について主として設計計画の面からその概要を述べたが、筆者の未熟なためと、できるだけ具体的に述べようとしたため、当社の標準方式の説明に終始した感が深い。ただ炭礦で選炭場の総括制御を立案される方々に幾分でも参考になれば幸である。

超 仕 上 加 工 法 の 應 用

超仕上 (Super Finish) 加工法は、十数年前 Detroit の Chrysler 研究所で初めて実施されたもので、アメリカでは飛行機や自動車の部品等に全面的に用いられている。当社においては、この加工法を、ターボ発電機、大型誘導電動機の回転子軸、大型巻上機の主軸等に採用して非常に好成績をおさめ、さらにゴム、製紙、ビニール等のカレンダー・ロールに利用して顕著な効果をあげており、今後その應用範囲がますます擴大されるものと思われるので、ここに当社の実施成績等について述べることにする。

長崎製作所 高 田 眞 藏

1. 緒 言

超仕上 (Super Finish) 加工法は 1936 年 Detroit の Chrysler 研究所において始められた加工法で、アメリカにおいては 1939 年頃より飛行機や自動車の部品等に利用されるようになった。

わが国においても戦時中飛行機の部品に採用するためさかんに研究されたが実用の域に達しないうちに終戦となり、その後は自動車やディーゼル機関等の一部小部品に採用されているにすぎない。わが国では学者の基礎的研究はアメリカにも劣らない程度に達しているのであるが、應用方面はまだ振わないようである。

当社においては早くからこの加工法の研究を行っていたのであるが、最近小部品に対する加工から一步を進めて、應用方面の拡大に努力した結果、大物に対してはターボ発電機等の高速大型回転子軸や軸受圧力の大きな巻上機主軸等のジャーナル部に採用して好結果をおさめており、さらにゴム、製紙、ビニール等のカレンダー・ロールにこの加工法を行えば、従来得られなかつたよい品質のものになることがわかつたので、これ等の加工依頼にも応じている。

ここでは主として大型軸やカレンダー・ロール等の大物に対する超仕上加工法について述べる。

2. 超仕上加工法の概要

砥石に毎分 300~1,000 のオッシレーション運動を与え、回転中の被加工物に $0.2 \sim 1 \text{ kg/cm}^2$ の圧力で押付けながら送りを与える。かくすることにより砥石は多方面に運動しつつ被加工物の面の凹凸を取つていく。表面が平滑になるにしたがつて砥石の目づまり作用を促進して

潤滑状態となり、表面が鏡のような平滑な面に仕上げられる。

旋削、研磨仕上、ラッピング等では 1 図 a に見られるように凹凸が完全に取り除けないだけでなく、表面にビールビ層 (Belly layer) が残つていて、この層は非品質であるため不安定で磨耗に対して弱い。超仕上加工を行つたものは 2 図に示す A の部分が除去され、微細化された組織の部分が完全な平滑面となつて 1 図 b のように現われるので耐磨耗性が非常に高くなる。図において白色の層は断面を正確に出すために表面に錫メッキを施したものである。

3. 超仕上加工法の利点

超仕上加工法の利点を大型回転軸のジャーナル部に利用した場合と、カレンダー・ロールに利用した場合とに分けて考えてみる。

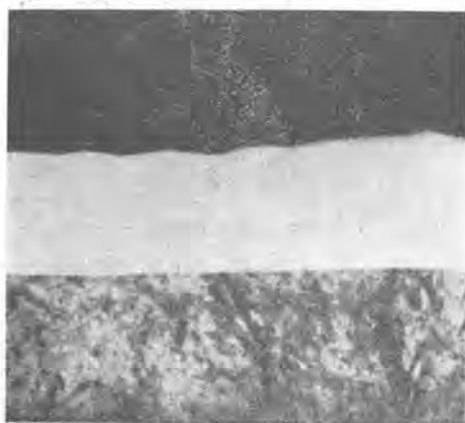
ア 大型回転軸のジャーナル部に利用した場合

(1) 磨耗が減少する

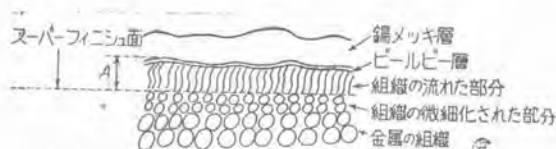
従来軸研磨盤にのらぬような大型軸 (10'~6" 長 \times 14" 径以上) はヘールバイト仕上とし軸と軸受の摺合せを行うのであるが、ヘールバイト仕上を超仕上にかえたものは温度上昇が格段に低下する。顕著な一例をあげると、三菱化成会社 (旧社名) へ納入した 1,900HP, 3,300V, 4P, 60~誘導電動機 2 台の内 A (3 図参照) は昭和 23 年 12 月 9 日試験のヘールバイト仕上のもの、B は同 25 年 4 月 20 日試験の超仕上のものである。潤滑条件は B の方がむしろ悪かつたにもかかわらず 3 図に示すようにメタルの温度上昇は約 $1/2$ に低下している。しかし普通の電氣的、機械的條件の相違が入るので、超仕上をすれば必ずバイト仕上の場合の $1/2$ に下るといふわけでは



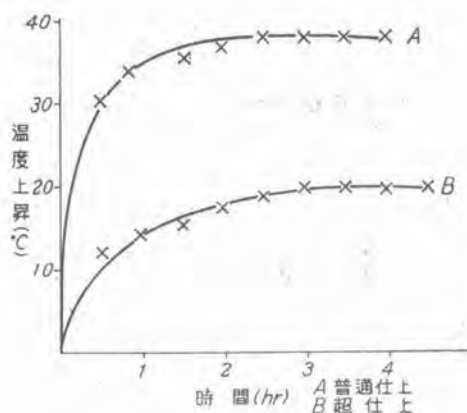
1 図 a
研磨仕上
した面
(2,000 倍)



1 図 b
超仕上
した面
(2,000 倍)



2 図 研磨仕上した断面の説明図



3 図
(1,900HP
3,300V
4P 60~)
誘導電動機
温度上昇
試験

ない。他の例として、400HP の誘導電動機軸を研磨仕上を超仕上にしただけで軸受の温度が 8°C 低下し、温度規格に合格することができたものもある。

(2) 潤滑が良好になる

1 図 a, b にてあきらかなように、油膜を切る突起がなくなるから潤滑状態が非常に改善される。

超仕上加工法の応用・高田

(3) 軸受の負荷能力が増す

4 図に示した Gisholt 研究室における軸受の破壊試験成績でわかるように、軸受負荷能力が数倍に増加する。これはまた Falz の軸受圧力の公式で計算してもほぼ同様の結果になる。すなわち

E. Falz によれば、完全潤滑状態で、最小油膜の厚さ h が軸受メタルと軸との隔間 δ の $1/4$ より大なる場合は、今軸受にかゝる単位面積当りの圧力を p 、全圧力を P とすれば

$$p = \frac{d \cdot zw}{1.92(ch\varphi)10^4} \quad \text{kg/cm}^2$$

$$P = pdl \quad \text{kg}$$

$$\delta = D - d = D_w - d_w + 2(\delta' + \delta_1')$$

$$C = \frac{d+l}{l} \quad \varphi = \frac{D-d}{d} = \frac{\delta}{d}$$

ただし、 D =軸受メタルの径 (cm)、 l =軸受メタルのジャーナル部の長さ (cm)、 d =軸径 (cm)、 D_w =軸受メタルの凹凸の山の径 (cm)、 d_w =軸の凹凸の山の径 (cm)、 δ' =軸の粗度 (cm)、 δ_1' =メタルの粗度 (cm)、 w =角速度 (Rad/sec)、 Z =油の絶対粘度 (ポアズ)、 h =油膜の最小厚さ (cm)。

h は常に $(\delta' + \delta_1')$ より大でなければ完全潤滑はできない。普通の軸受では、 δ' 及び δ_1' は 0.005mm とし h の最小を 0.01mm にしてよい。

今超仕上が如何に大なる荷重に耐えるかを例をあげて示すと、青銅の軸受メタルを使用して、

$$D=80\text{mm} \quad l=80\text{mm} \quad D_w - d_w = 0.04\text{mm}$$

$$Z=0.005 \quad \text{毎分回転数}=250$$

なる場合に、

(a) メタル、バイト仕上 軸、研磨仕上

$$\delta_1' = 0.015\text{mm} \quad \delta' = 0.005 \quad h = 0.015 + 0.005 = 0.02\text{mm}$$

$$\delta = 0.04 + 2 \times 0.02 = 0.08$$

$$\varphi = \frac{0.08}{80} = \frac{1}{1,000}$$

$$p = 13.6 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$P = 13.6 \times 8 \times 8 = 370\text{kg}$$

(b) メタル、フアイン仕上 軸、超仕上 (メタルを入念に摺合せ)

$$\delta_1' = 0.004 \quad \delta' = 0.001 \quad h = 0.004 + 0.001 = 0.005$$

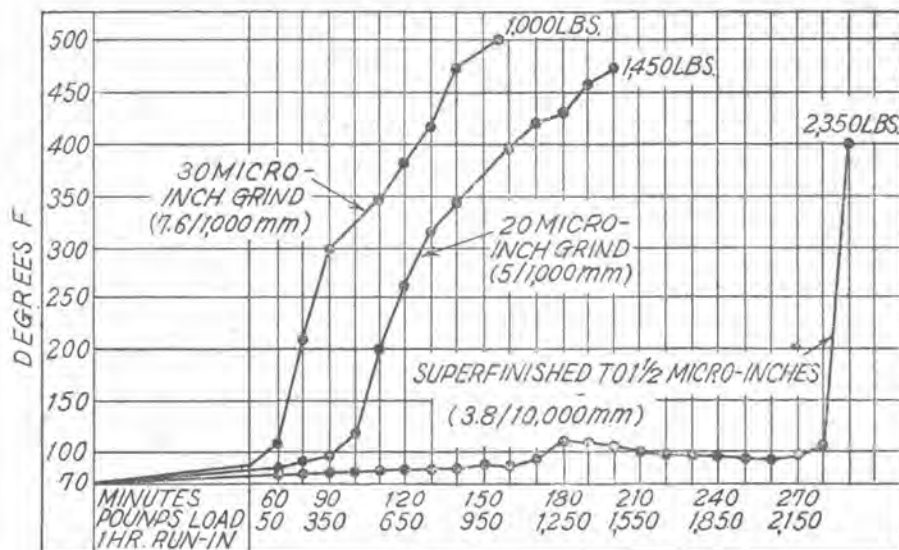
$$\delta = 0.04 + 2 \times 0.005 = 0.05$$

$$\varphi = \frac{0.05}{80} = \frac{1}{1,600}$$

$$p = 87.3 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$P = 87.3 \times 8 \times 8 = 5587\text{kg}$$

(a) と (b) を比較すればわかるように、超仕上を行つたものは、Falz の式では 6 倍以上の荷重に耐えることを示す。しかし実際には凹凸の山と山との間の油は油膜の作用を十分果たすことができず、二面の山の頂上の中間の油膜だけが完全に圧力の発生にあづかつていると考えられる。P.I. Orloff はこの点を指摘して Falz の軸



4 図 軸受の破壊試験 (Gisholt)

受圧力の式を一部訂正している。Gisholt の実験も Folz の計算式もほぼ同様の結果を示していることは、軸受の粗度の向上が如何に軸受の耐圧力に影響するかを物語るものである。Gisholt の実験は研磨仕上と超仕上との比較であるが、バイト仕上と超仕上との実験結果も Folz の式からの結果と大差がないものと考えられる。

(4) メタルの摺合せ時間が短縮される

ヘルバイト仕上の場合に比較してメタルの摺合せ時間が数分の一に短縮され、技術的にも楽になる。

(5) 摩耗が減少する

面が平滑になるから摩耗が減少し、巻上機の主軸等で軸受荷重の特に高いものや、運転、停止が頻繁で金属摩擦(メタリック・コンタクト)の繰返されるものには甚だ有効である。

イ. カレンダ・ロールに利用した場合

(1) ゴム、製紙、ビニール等の仕上ロールに利用した場合、研磨仕上のものより製品の品質ははるかに向上する。

(2) ロール自身の摩耗が減少する。(2) に対してはまだ明確なデータを得ていないが、使用先へ依頼してとつてもらっている。その結果には十分期待をかけてよいと思う。

4. 超仕上加工の材料及び形状

(1) 材料

鋳鉄、鋼、チルドスチール、焼入鋼、クロム鋼、アルミニウム、ガラス、木材、ファイバ、コットン、ゴム、エ

ポナイト等。

(2) 形状

円筒、内面、平面、凹面、凸面、クラウン面等。

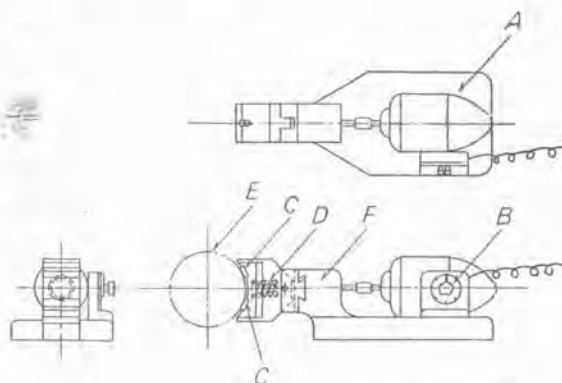
円筒、平面は最も容易で、内面は特殊な装置が必要である。ローラ等で問題になるクラウン面は、あらかじめ研磨にてクラウン面を正確につけておけば、超仕上の場合にはスプリング圧で押付けつつ作動するから研磨のクラウン面の通りに超仕上が行われ、寸法的にも全々誤差が生じない。

5. 工作上問題になる点

飛行機や自動車のクランクピン用のものは Foster や Gisholt から専門機械が売出されている。

参考のため、当社の長崎製作所で使用している各種超仕上装置の要目と装置の一例を示してみる。

超仕上セットの駆動馬力	1/8 HP 1/4 HP 1/2 HP
砥石の数	1 箇及び 2 箇
砥石の種類	WA (ホワイト・アラバスタム) GC (グリーン・カーボラダム) ヴィトリフアイト砥石
砥石の粒度	# 320 # 640
砥石の硬度	J. L. N. P.
砥石のストローク	4mm 及び 8mm
ストローク数	200~1,000 (調節)
その他	砥石、揺動式及び固定式 電動機、直結型 フレキシブル・シャフト、 駆動型



5 図 超仕上装置の一例

- A 駆動用モータ
- B ストローク調節用抵抗器
- C 砥石
- D 押付圧力用ばね
- E 被加工材
- F クランク機構(回転運動を左右オシレーション運動にかえる)

5 図の如き装置を旋盤やターニングに取付け、回転と送りを与え、工作液をかけつつ作業を行う。

(1) 工作液

京大、佐々木博士等により十分研究されている。アメリカではジオゾール（商品名）という超仕上専門の工作液が賞用されている。当社では切削を促進する間は石油、鏡面仕上には水に特殊な薬剤をまぜて使用し効果をあげている。

(2) 工作条件

材料の回転数と砥石のストロークとの組合せによる適当な合成速度及び合成角度を選ばねばならない。切削促進時には工作角度 $\theta=60^\circ$ 、鏡面仕上時には $\theta=30^\circ$ 位、また押付圧力は $0.2\sim 1\text{kg/cm}^2$ が適当である。

(3) 前仕上

前仕上は鏡面に重要な影響を与えるから、できるだけ研磨仕上がよい。超仕上では精円度や勾配度は直らないから前加工をレース仕上にて行う場合（タービン発電機の回転子軸の如き重量物等）は特に精密、平滑に加工を施さねばならない。研磨後の超仕上代は $0.005\sim 0.01\text{mm}$ である。レース後直ちに超仕上を行う場合は $0.01\sim 0.015\text{mm}$ 位を基準にしている。したがって超仕上による寸法の減少は問題にならない。

6. 表面粗度

(1) 粗度の範囲

JESによれば

超仕上 $0.4S$ 以下 ($S=0.001\text{mm}$)

研磨仕上 $0.4\sim 40S$

となつているが、当所では実用範囲を

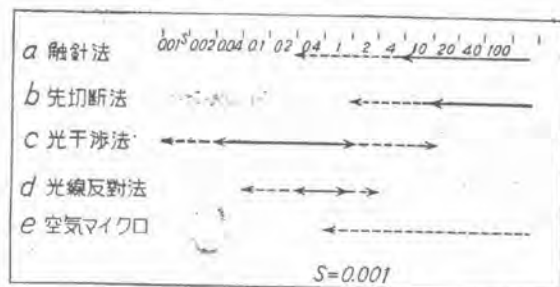
超仕上 $0.2\sim 0.8S$

(ロール $0.2\sim 0.4S$)
軸のジャーナル部 $0.4\sim 0.8S$)

研磨仕上 $0.6\sim 7S$

としている。

(2) 粗度の測定法と適用範囲



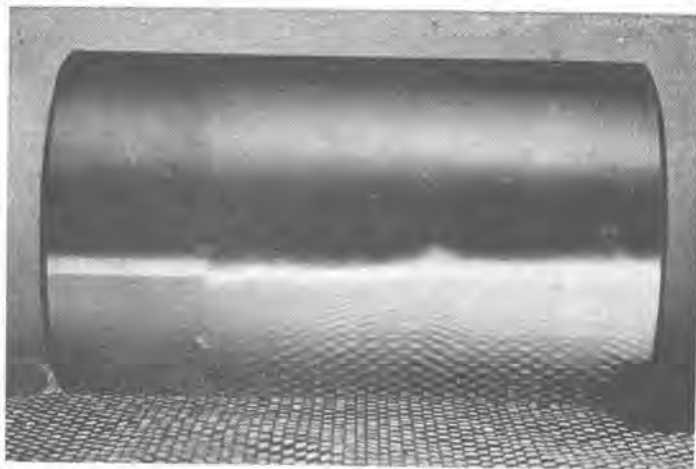
各種測定法の適用範囲

a の触針法（日本光学触針粗度計）及び d の光線反射法（中島式 N. F. 粗度計）が多く使用される。触針法は試験片でないと測定できない不便がある。機械試験所の太越博士は携帯用触針粗度計の製作に成功されたと聞いている。超仕上面を正確に測定するには光干渉法が最も適している。

超仕上加工法の応用・高田

1 表 表面の粗さと加工価格 (G. E. 資料)

	マイクロ 吋	H S max	仕上程度	比較 価格	工 作 法
荒削り	2,000	200	非常に粗い荒削り面	1	先丸バイト $3/16''\sim 3/8''$ 程度
荒仕上	1,000	100	寸法ぎめの荒仕上	2	$3/16''\sim 1/4''$
稍荒仕上	500	50	寸法精度を要せぬ面	4	形削 荒研削 フライス 孔 くり
並仕上	250	25	機械部品の普通仕上面	6	形削 荒研削 フライス 孔 くり 錐孔あけ
稍上仕上	125	12.5	きれいな面仕上	9	形削 研削 フライス ブローチ
上仕上	63	6.3	大きな傷のない滑らかな面	13	形削 研削 フライス ブローチ リーマ ロール
滑らか	32	3.2	精密な軸受仕上り面	18	先丸バイト 精密送り ヤスリ 研削 ロール フライス
研 削	16	1.6	精度の良い滑らかな面	25	仕上研削 ロール ヤスリ 仕上 ラップ
磨 き	8	0.8	傷のない滑らかな仕上	35	精密研削 ホーニング ラップ 押付仕上
超仕上	4	0.4	全然傷のない鏡面仕上	40	超仕上 精密ホーニング 鏡面 ラップ バック磨き



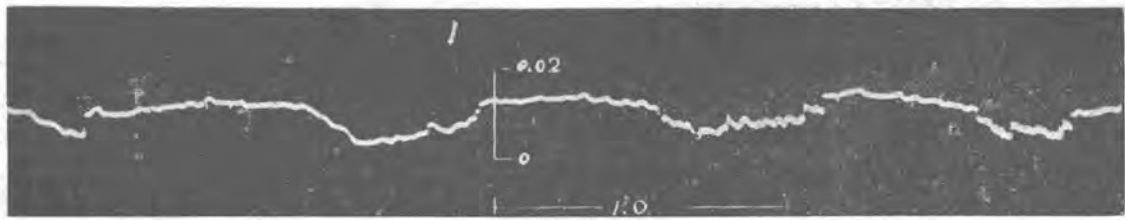
6 図 研磨と超仕上の比較（鏡面効果を見せる）

(3) 超仕上の粗度測定

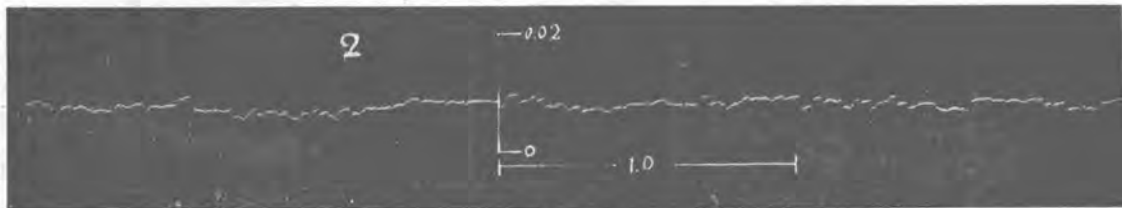
6 図において上の黒い部分は研磨仕上、下のクロス模様の写真は超仕上である。この試験片の一部を触針粗度計で測定し、横の方向に 40 倍、縦の方向（粗度の方向）に 800 倍に拡大したものを 7 図から 9 図に示す。参考のため超仕上をスウェーデンのヨハンソン・ブロックゲージで測定したものを 10 図に示した。なお N. F. 粗度計で測定すると、研磨仕上は $4S$ 、超仕上は $0.3S$ になる。

7. 実施状況

当社長崎製作所では、タービン発電機軸、巻上機主軸、大型誘導機軸等に数十種、ゴム、製紙等のロールに数十本実施したが、ここに二三の実施模様を写真で示す。

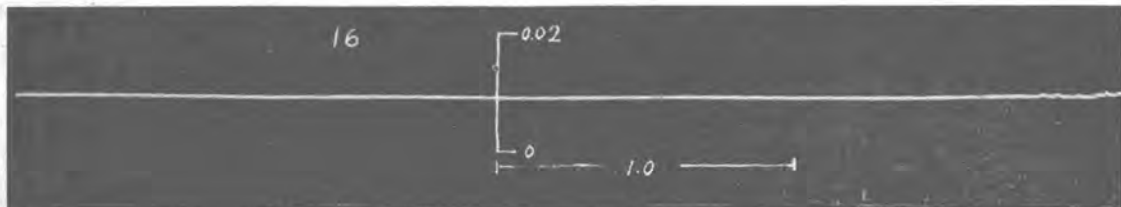


7 図 ヘールバイト仕上

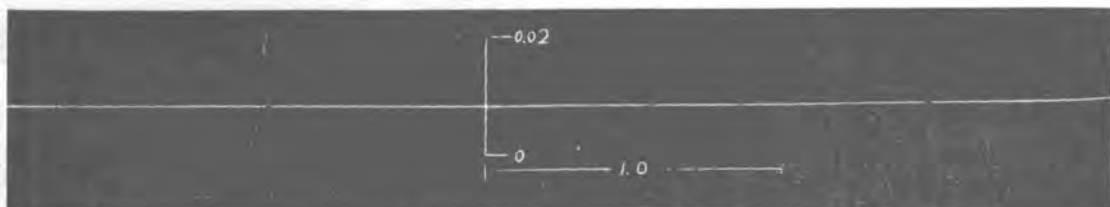


8 図 研 磨 仕 上
(ランジス研磨盤 砥石 A 36 P 使用)

普通のローラの研磨面はこの程度である。製紙等の極上等のローラでは $1/2 \sim 1/3$ 程度の粗度が普通である



9 図 超 仕 上
(GC 320 N 砥石 使用)
600 番を使用すればさらに粗度を上げることができる



10 図 ヨハンソン・ブロックゲージにて測定

8. 結 言

以上は主として当社長崎製作所において、大物に実施した状況を述べたものであるが、超仕上の応用研究は今後さらに広くおし進める価値があると思う。

超仕上をカレンダ・ロール等に利用すれば製品の質の向上とロール摩耗の防止に非常に有効であるから全面的に実施されることが望ましい。特にゴム仕上ロール、上等紙艶出しロール、ビニールのカレンダ・ロール、薄板仕上ロール等の如くロールを生命とするものには効果が顕著である。当社はこれ等の加工依頼にも応じており、実施後の成績を確認するために需要先から実際のデータを集めている。なお艶出し用、ステンレス平板（一例 1.5mm 厚×36″ 径）等の応用等の研究も進めている。拔型やリーマカッタ等をラッピングしてその寿命を延ばす方法はこれを超仕上することによりさらに効果をあげる

ことができる。

超仕上を実施する場合には、工場内での取扱いを特に慎重にして、加工部にきずをつけたりしないように注意することが大切である。また潤滑油は必ずオイルフィルティングを完全に行つてごみ等が混入しないようにせねばならない。

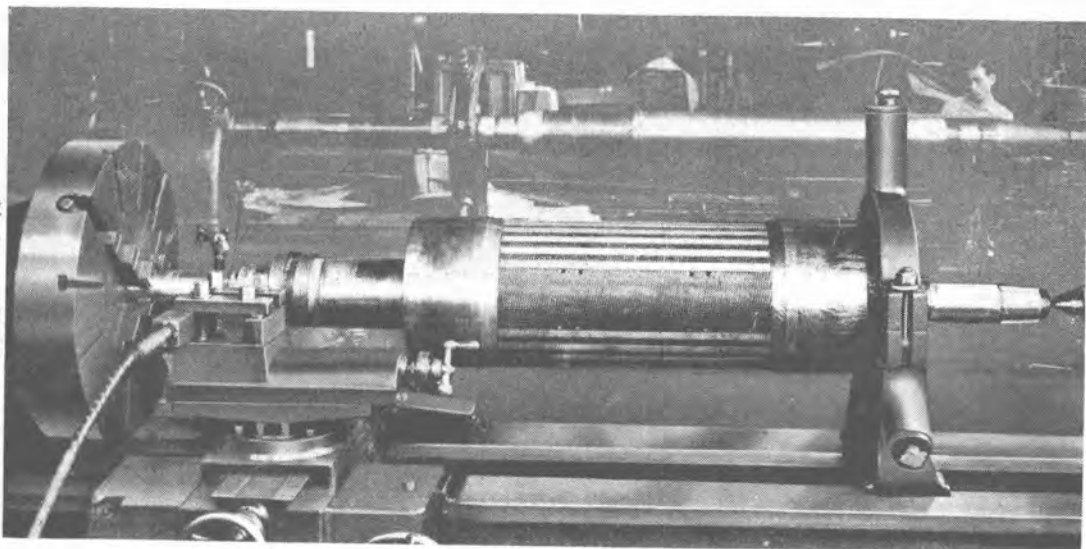
参 考 文 献

- Hemingway: Wear and Super finish Gisholt Laboratory Report.
- Super Finish,
- M. Swigert: The Story of Super finish.
- B. C. Broshear: American Machinist Sept. 9 & 23.
- 佐々木外喜雄: 機械学会誌 No. 334, 349, 356.
- 精密機械特集号: 昭和 23 年 10 月
- 機械工作資料社: 超仕上工作法

11 図

台湾向タービン發
電機軸ジャーナル
部の仕上

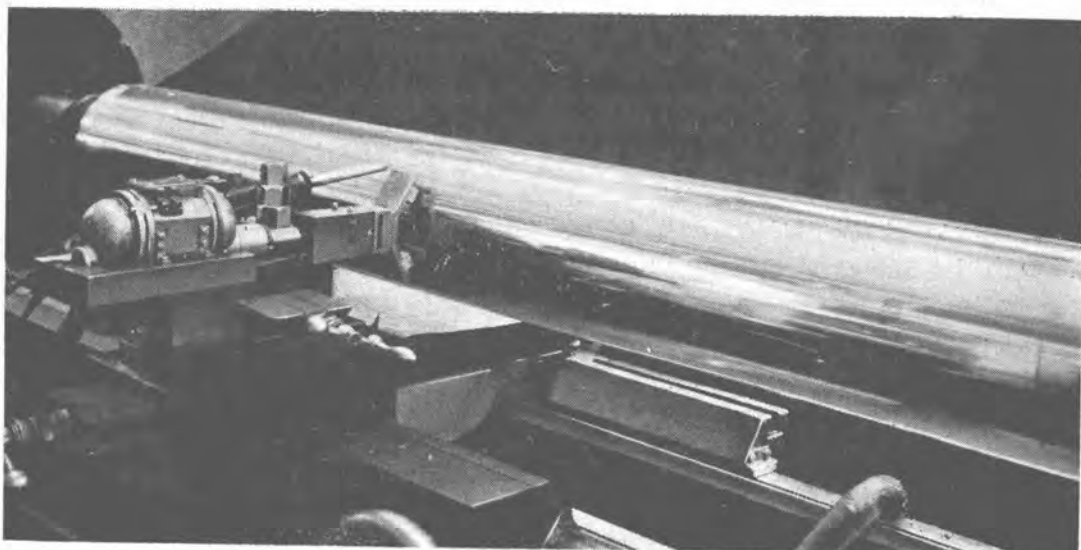
加工材 炭素鋼
硬 度 $H_s=30$
粗 度 $0.6S$
($6/10,000\text{mm}$)



12 図

三菱製紙会社向
14 吋 チルドロー
ルの超仕上

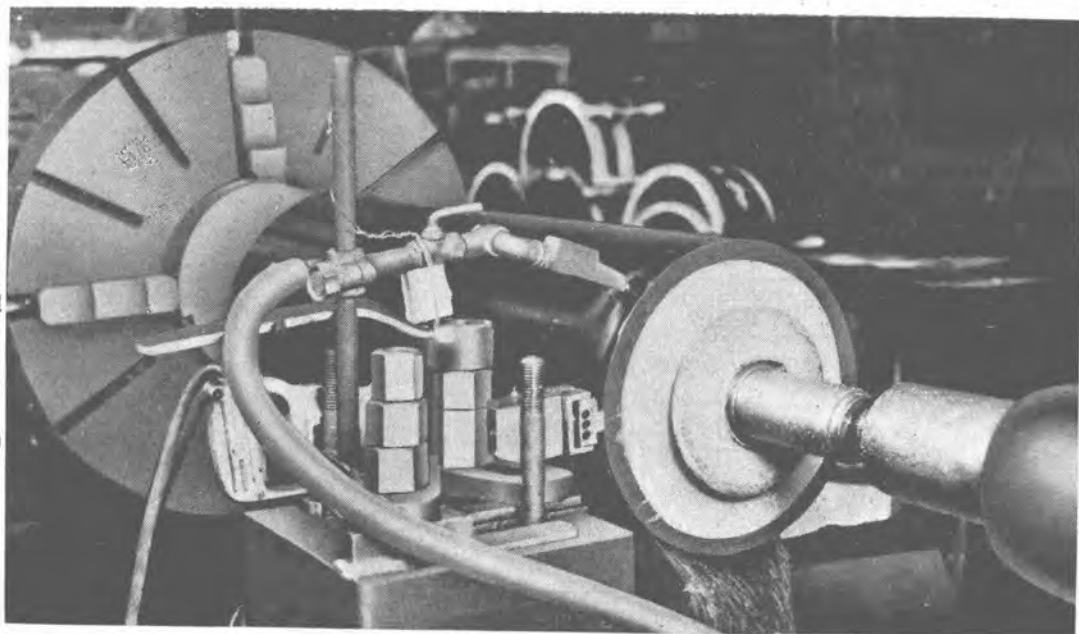
加工材 チルド
ロール
硬 度 $H_s=80$
粗 度 $0.25S$
($2.5/10,000\text{mm}$)



13 図

製紙用 12 吋
ゴム製ロールの超
仕上

加工材 ゴム
硬 度
ゴムショア80



変 圧 器 の 衝 撃 電 圧 試 験 (2)

前回に引続き変圧器衝撃電圧試験に関して、わが国及びアメリカにおける

現状、当所における試験結果の例、変圧器の内部電位振動及び遮蔽

変圧器に関して述べると共に柱上変圧器、計器用変圧器及び

変流器の衝撃電圧試験について簡単な説明を加えた。

本社電力技術課長 木 村 久 男
工 学 博 士

伊丹製作所検査課 堀 眞 幸

V. わが国における衝撃電圧試験

わが国において現在までに行われた衝撃電圧試験の主なものを示すと5表のようであつて⁽¹⁵⁾⁻⁽¹⁹⁾昭和12年既に最初の試験が実施せられているがその後戦時中一時中断され戦後再びこの問題が取りあげられて各所共盛んに実施検討されている。この表の外当所においては昭和25年に入り、2,500kVA内鉄型3相変圧器及び10,000kVA単相外鉄型変圧器に対して衝撃電圧破壊試験を行つて種々の資料を得ているがこれについては後に詳述する。

23図ないし30図は本年5月当所において行つた25,000kVA単相140/110/105kV中性点絶縁低下変圧器の試験記録の一部であつて、本試験においては中性点に避雷器を接続した試験をも含み、印加電圧の外接地電流開放端電圧、避雷器端子電圧、避雷器電流等の種々の値を測定した。

5 表

製作所	試験年月	変 圧 器			摘 要
		型 式	電 圧 (kV)	容 量 (kVA)	
東 芝	昭和12年	単相内鉄	140	18,000	— (15)
〃	13年	3相内鉄	140	31,000	— (16)
日 立	15年	単相内鉄	200	37,500	— (17)
三 菱	15年	単相外鉄	200	50,000	— (18)
〃	23年	〃	140	25,000	中性点絶縁低下 (19)
〃	24年	3相内鉄	100	12,000	—
〃	24年	単相外鉄	100	12,000	中性点絶縁低下
〃	25年	3相外鉄	60	4,500	—
東 芝	24年	単相内鉄	140	20,000	—
三 菱	25年	単相外鉄	140	25,000	中性点絶縁低下

23図ないし28図は高圧巻線試験の際の図形で23図は中性点接地の場合の接地電流波形

24図は低減電圧における中性点開放の際の線端子印加電圧波形

25図は中性点に避雷器を接続した場合の線端子印加電圧波形で25 μ sの所に避雷器動作による波形の擾乱が見られる

26図は同じ場合の中性点避雷器端子電圧波形で25 μ sで避雷器が動作している

27図は同じ場合で印加端子套管間隙が15 μ sで閃絡した後中性点電圧が更に上昇して25 μ sでその避雷器が動作した場合の避雷器端子電圧波形

28図は中性点開放の場合の中性点電圧波形

29図は中圧巻線中性点接地電流波形

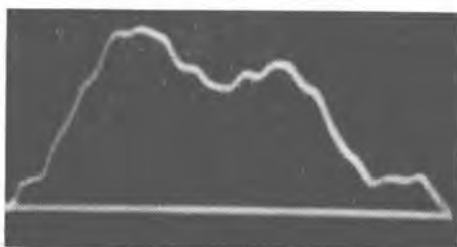
30図は中圧巻線中性点側端子より衝撃波を印加した時の線端子電圧波形である

31図は中性点側開放端套管の閃絡瞬時の状況を示す。

以上のような幾多の経験の結果わが国においても電力用変圧器に対する衝撃電圧試験は実用の域に達し今後はすべての大容量変圧器に対してこれを実施する傾向になつている。しかしながら

1. 故障点の発見方法
2. 衝撃電圧印加回数による劣化の影響
3. 交流重量の可否、ならびに避雷器の保護能力

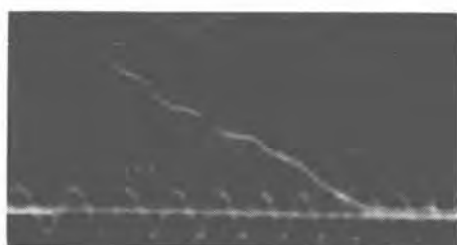
等の重要な問題を残して更に研究を進めなければならないと思われる。



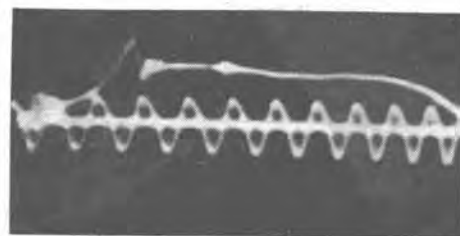
23 図



24 図



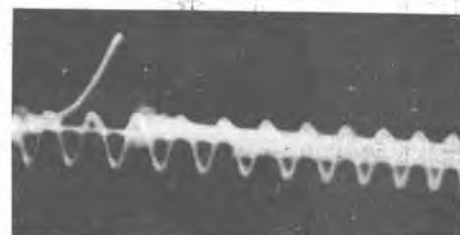
25 図



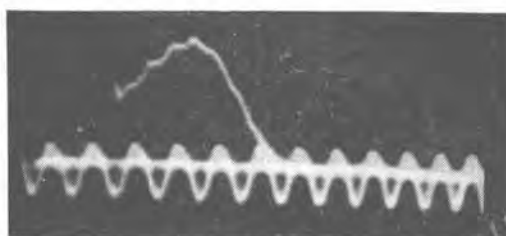
26 図



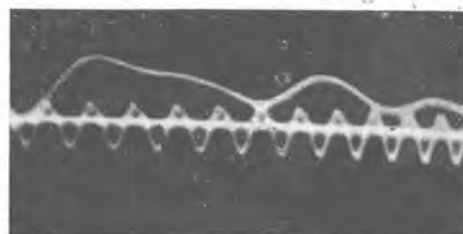
27 図



28 図



29 図



30 図



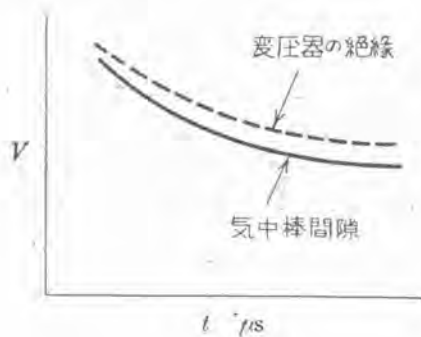
31 図

VI. 内部電位振動ならびに遮蔽変圧器

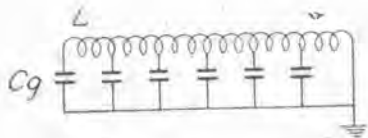
変圧器の異常衝撃電圧に対する強度を高めるためには

1. 線路端子附近の線輪間、巻線間の絶縁及び主絶縁の絶縁能力を強めること
 2. 内部電位振動を抑圧すること
- の両者をあわせ考えねばならない。

絶縁強化の方法としては、絶縁物を伸ばして沿面距離を増す方法ではなく絶縁物を曲げて完全に包み、その表面を衝撃電圧に対する巻線内部電位分布の等電位面に一致せしめる方法と、油と紙との絶縁を適当に組み合わせて変圧器の衝撃波に対する $V-t$ 曲線を気中における棒間



32 図



33 図

隙または套管に対するそれと一致せしめることによつて 32 図のように両者の協調を完全にする方法等が採用されている。

変圧器の内部電位振動に関しては種々の理論的説明が行われておりその概略を述べると、

1. 変圧器を有限長の送電線と同じく 33 図のようなインダクタンスと静電容量の分布回路と見なす考え方があつて一端を接地し、他端より E なる矩形波が侵入した場合の解法は一般に知られているように

$$\frac{\partial^2 e_x}{\partial x^2} = p^2 LC_g e_x \quad \dots\dots(1)$$

より

$$e_x = Ex + E \sum_{s=1}^{\infty} \frac{2(-1)^s}{s\pi} \sin S\pi x \cdot \cos w_s t \quad \dots\dots(2)$$

$$w_s = \frac{S\pi}{\sqrt{LC_g}}$$

あるいは

$$e_x = Ex + E \sum_{s=1}^{\infty} \frac{(-1)^s}{S\pi} \left[\sin(S\pi x + w_s t) + \sin(S\pi x - w_s t) \right] \quad \dots\dots(3)$$

となり、(2) 式を見れば変圧器巻線中の電位振動は $t=0$ の時の初期電位分布と $t=\infty$ の時の定常電位分布との差を構成する各高調波がその個有振動数を以て振動することを示し (3) においては波動の式をあらわすもので印加波形はその波形が変歪することなく $v = \frac{w_s}{S\pi} = \frac{1}{\sqrt{LC_g}}$ の一定速度で巻線内を進行し、接地端に達すると負の全反射をして帰つて来ることを示している。しかしてこの場合各高調波の波長とその周波数の積とは一定であつて侵入波はその波形を変歪することなく巻線中を伝播することを示し、これはすなわち (2) 式と同じ意味を示していることは明らかである。この考え方においては巻線を 33 図のように一様にインダクタンスと静電容量との分

布回路と仮定した所に実情と異なる点が存在し巻線端における電位傾度の集中ということの説明できない欠点が存在するが大体の電位振動の概念を得るには簡単でわかり易い方法である。

2. 変圧器巻線間に存在する分布静電容量を合せ考える方法であつてその等価回路は 34 図のように表わされる。この場合任意の点の電位 e_x は

$$\frac{\partial^2 e_x}{\partial x^2} = \frac{p^2 LC_g}{p^2 LC + 1} e_x \quad \dots\dots(4)$$

より

$$e_x = Ex + E \sum_{s=1}^{\infty} \frac{2(-1)^s}{S\pi} \frac{\alpha^2}{(S^2\pi^2 + \alpha^2)} \sin S\pi x \cos w_s t \quad \dots\dots(5)$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{C_g}{C}}$$

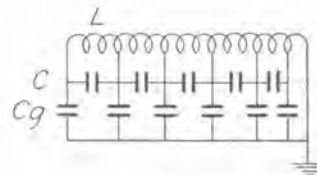
$$w_s = \frac{S\pi}{\sqrt{LC}} \quad \frac{\alpha}{\sqrt{S^2\pi^2 + \alpha^2}}$$

によつて求められる。

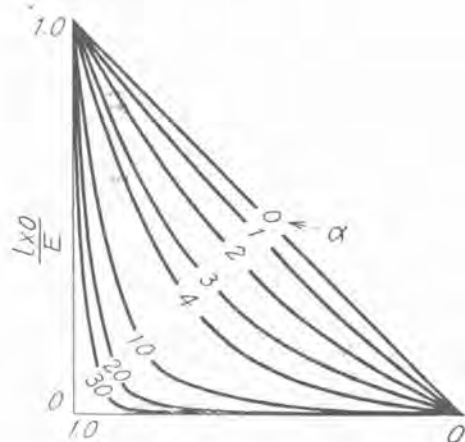
また $t=0$ における初期電位分布はインダクタンスを無視した静電容量のみの回路を考えると

$$e_{x0} = \frac{E \sinh \alpha x}{\sinh \alpha} \quad \dots\dots(6)$$

となり、 α によつて e_{x0} の変化する有様を図示すると 35 図のようになる。これより明らかなように α が大きくなるに従つて初期電位分布は定常電位分布より距りこの差



34 図



巻線配置

35 図

を構成する空間高調波がそれぞれの周波数によつて内部電位振動を生じると考えることができ、また初期電位分布は印加端子附近の巻線に非常に大きな電位傾度を集中することを示している。

また(5)より明らかなように各高調波はその波長と周波数の積が一定とならずその次数が大きくなる程その積は小となりしたがつてこれを進行波として考えた場合おのおの高調波によつてその進行速度が異なり巻線内を進行するにつれて原波形は変歪を受けることがわかる。

3. 2に述べた説は Wagner 氏⁽²⁷⁾によつて解析されたものであり初期電位分布、電位振動の状況を明らかにしているが線輪各部分の電流の大きさ方向が異なる振動分に対し各線輪の相互誘導を考慮していない欠点があるこの点を補正して Blume 及び Boyajian 氏⁽²¹⁾は解析を進め

$$e_x = E_x + E \sum_{s=1}^{\infty} \frac{2(-1)^s}{S\pi} \frac{\alpha^2}{(S^2\pi^2 + \alpha^2)} \sin S\pi x \cos \omega_s t \quad (7)$$

$$\omega_s = \frac{S^2\pi^2}{\sqrt{LC}} \frac{\alpha}{\sqrt{S^2\pi^2 + \alpha^2}}$$

なる式を誘導して、相互誘導の影響は各高調波の振幅には影響なくその周波数が異なり、したがつて波形の変歪状況が変化することを示している。

4. 外鉄型変圧器において高圧低圧の各巻線を幾つかの群に分割して交互に配置した構造では低圧巻線群と高圧巻線群との間に大きな静電容量が存在し、その等化回路は、二群、三群、外鉄型変圧器において 36 図 (a), (b), のように示され各群の接続部に大きな対地容量を有する非連続的な回路となる。二群外鉄型変圧器の初期電位分布状況の例を示すと 37 図のようであつて非常に周期の長い全体の振動の外に各群自身の二次的固有振動を伴うものである。

変圧器の内部電位振動に関してわが国においては外鉄型に対して小野、木村氏⁽²²⁻²⁵⁾内鉄型に対して宮本、三好氏⁽²³⁻²⁶⁾の詳細な発表がある。

変圧器の内部電位振動を抑圧する方法としては次のような方法がある。

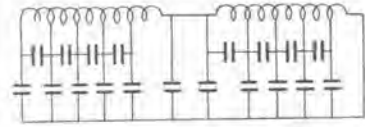
1. 巻線間容量を増加し α の値を小にする方法

この原理は Wagner, 鳥養, Weed 等の諸氏によつて研究発表されたものであつて構造上、内鉄型変圧器はこの条件を満足し難く通常 5 ないし 30 位の値となるに対し、外鉄型変圧器では巻線間容量は大きく α の値は通常 0.8 ないし 2 となつている。

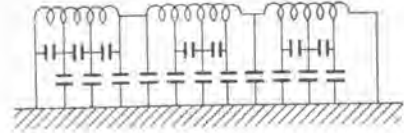
2. 巻線間容量及び対地間容量の分布を適当にする方法

これは鳥養博士によつて提案されたもので巻線間容量を線路端子に近づくに従い増大し、大地間容量は反対に線路端子より接地端に近づく程増大する方法であつてすぐれた考え方であるが構造上実際の電力変圧器に適用するには種々の困難がある。

変圧器の衝撃電圧試験 (2)・木村・堀

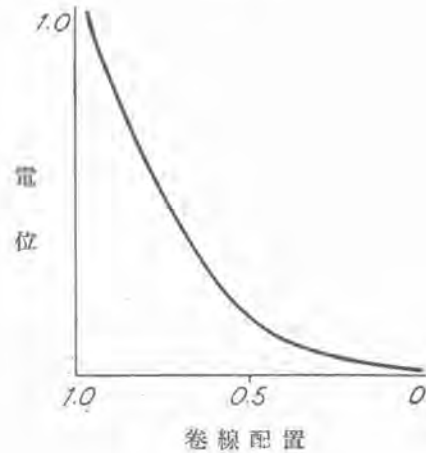


(a)



(b)

36 図



37 図

3. 静電遮蔽を設けて対地充電電流の一部をこれを介して巻線に供給する方法

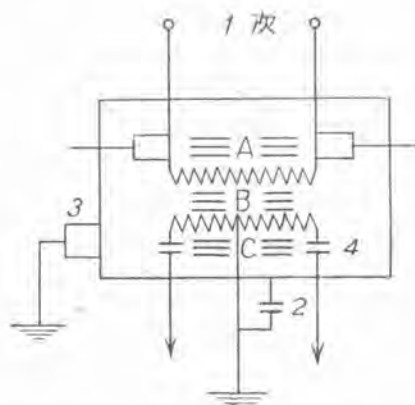
これによつて対地静電容量による初期電位分布の不均等性の影響を除く方法で 1929 年 G. E. 社の Palueff 氏によつて設計せられた 220kV 非共振変圧器はこの原理を応用している。完全遮蔽方式の外に空間定在波中の高い次数の高調波の振動のみを減少する部分遮蔽の方式も採用せられる。

4. 静電遮蔽を設けてその大きな大地間容量により侵入波の波頭の急峻度を緩和する方法

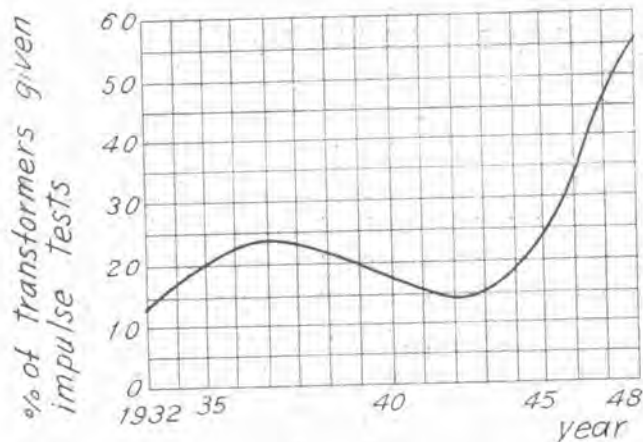
外鉄型サージブール変圧器においてはその侵入容量は普通 1,000 ないし 10,000 μF を有している。

VII. 柱上変圧器

柱上変圧器はその使用台数が多く 1 回の落雷で数百個の変圧器が焼損した例もあり、またアメリカでは柱上変圧器にも衝撃電圧に対する強度の高いものが実用されているがわが国では価格等の点から制限され、従来は衝撃電圧特性に殆んど考慮されない状態にあつた。最近この点についても考慮がはらわれているが、各製作所にお



38 図



39 図

る衝撃試験の結果は 3kV 柱上変圧器に対し破壊電圧は 30kV より 120kV 附近の値が発表されている。⁽³¹⁾⁻⁽³²⁾

アメリカにおいては柱上変圧器に対する保護方式も種々講ぜられ、W. H. 社のいわゆる点保護方式の例を示すと⁽³³⁾ 38 図のように

- A: 一次巻線と鉄心との間
- B: 一次巻線と二次巻線との間
- C: 二次巻線と鉄心との間

の 3 つの部分の絶縁を考え A 部の絶縁強度は避雷器の放電電圧により、C 部の絶縁強度は協調された套管 2 の内絡電圧によつて定められ一次側と二次側との間の電圧も以上の 2 つから制限され 3 つの絶縁は互いに的確に保護されることになる。

昭和 23 年当所で行つたアメリカ製柱上変圧器の試験

結果を示すと供試変圧器は W. H. 社製 10kVA、避雷器付属のもの、G. E. 社製 37.7kVA、Moloney 社製 37.5kVA のもので電圧は何れも 4.8kV—2.4kV/240—120V、单相 50 用である。三者共ほぼ同様の結果を示し、W. H. 社の例を挙げると低圧側は 18,000V にて套管放電間隙で閃絡、高圧側は 60kV で避雷器動作、80kV で套管閃絡、110kV で内部破壊となつている。

VIII. 計器用変圧器及び変流器

計器用変圧器及び変流器は前記標準規格から一応除外されて、戦後絶縁協調特別委員会において更に審議が行われ、昭和 24 年一応 6 表に示す試験値が決定せられた。⁽³⁴⁾ しかして試験条件は前者に対しては規格の条項をそのまま準用することができるが後者に対しては直列変圧器に準じて 2 端子を一括した非接地試験のみを課することになる。

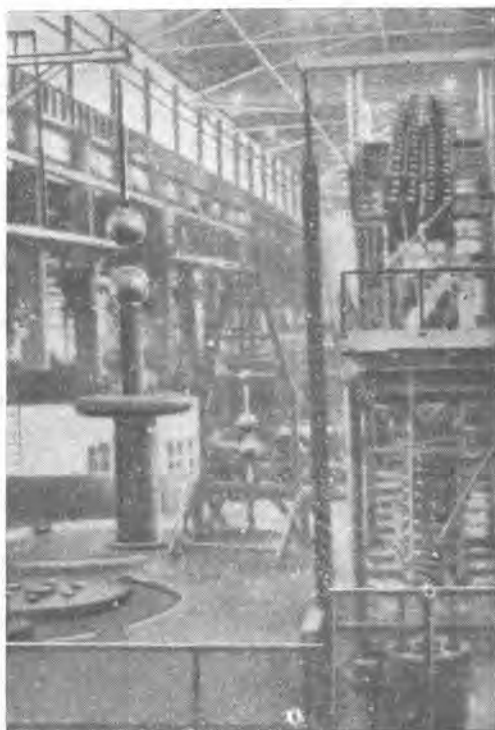
IX. アメリカにおける衝撃電圧試験

アメリカではこの方面でも他国に比し著しく進歩し 1930 年に最初の商用試験⁽³⁵⁾ が行われて以来最近大電圧大容量の変圧器の発達と共にその研究設備等一頭地を抜いている。最近の変圧器の衝撃電圧試験実施の割合の傾向を 39 図に示す。⁽¹¹⁾

衝撃電圧試験は最初新しい型または新設計の変圧器にのみ適用せられてその衝撃電圧レベル及び設計の絶縁の平衡をしらべることがその目的であつたが次第にこの試験は各

6 表

絶縁階級	計器用変圧器 (巻線型)				コンデンサ型 電圧変成器		変流器 (巻線型)	
	A		B				A	B
	(kV)		(kV)		(kV)		(kV)	(kV)
	全波	截断波	全波	截断波	全波	截断波	全波	全波
3 S	20	25	20	25	—	—	25	25
3	45	55	30	40	50	55	50	35
6	60	70	45	55	65	70	65	50
10	90	105	75	85	100	105	100	80
20	150	170	—	—	165	170	165	130
30	200	230	—	—	220	230	220	—
40	250	290	—	—	275	290	275	—
50	300	340	—	—	330	340	330	—
60	350	400	—	—	385	400	385	—
70	400	460	—	—	440	460	440	—
100	550	630	—	—	605	630	605	—
140	750	870	—	—	825	870	825	—
200	1,050	1,210	—	—	1,155	1,210	1,155	—



40 図

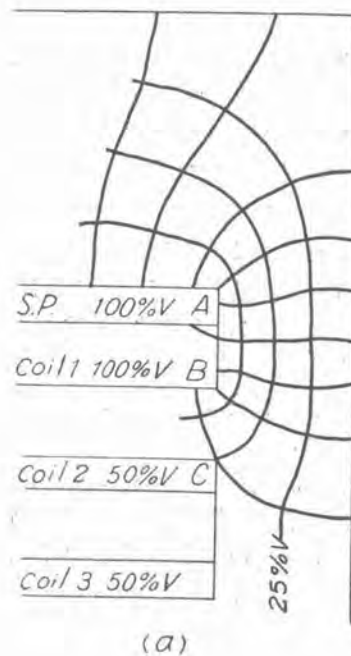
7 表

原因 損傷箇所	材料及び製造 工程中 (%)	設計の欠陥 (%)
大地絶縁	3.5	3.5
端子套管端	26.4	10.5
端子板	1.3	3.5
静電板	12.3	—
油溝	21.1	3.5
巻回間	—	8.3
その他	5.6	—
総計	70.7	29.3

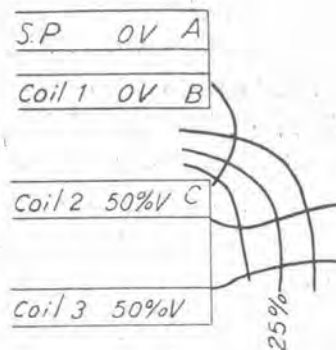
8 表

損傷原因	絶縁階級 (kV)	損傷された 巻線部分 (%)
大地絶縁	115	100
タップリード	5	25
コイル・リード	15	12.8
静電板	46	100
コイル溝	69	4
コイル溝	115	10.6
巻回間	15	0.87

変圧器の材料仕上状況、工作等の適否を確かめる方法として用いられるようになってい、W.H. 社においては、この試験を 1944 年以來品質管理のために製造工程中に取り上げ材料製作方法の改善に役立たせており、最初の 8箇月で 350,000 kVA 試験を行つてい、このために試験設備は取扱い簡便で所要時間少なく工程をおくらすことなく次々と実施し得るようにな備されている。すなわちすべての指示計器、測定器、制御器は衝撃電圧発生装置及び試料のよく見とせうする測定室内に集中され試験者は制御盤からすべての操作をなし、直列間隙の調整も遠隔操作によつて自由に行い得るようになってい、40 図に同社の施設を示す。また W.H. 社においては 1931 年より 1944 年に至るまでに総計 6,000,000 kVA の試験を行つており、Bellasi 氏⁽³⁶⁾は 1931 年より 1944 年に至る間に衝撃電圧試験で破壊した変圧器の損傷箇所、

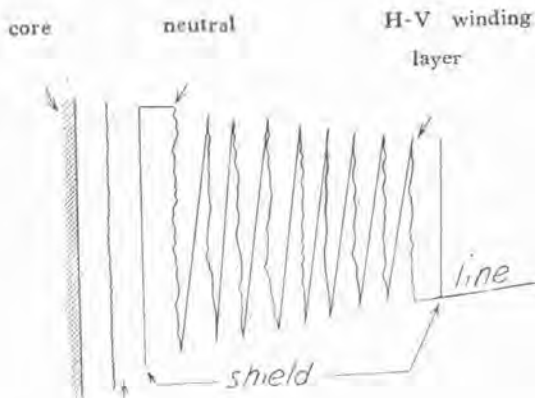


(a)



(b)

41 図



42 図

原因等を分析して7表に示す結果を発表し、また代表的な損傷を8表のように示している。これらの中80%はアメリカの標準規格による試験を実施し、残り20%は更に急峻波試験(1,000 kV/ μ sで上昇し套管で閃絡せしめる)を行っており全損傷の中15%は急峻波試験、65%は全波試験、残りの16%は截断波試験で起っており、全波試験を截断波試験の先に行つておれば後者による損傷の割合は更に減少し、急峻波、全波、截断波の3つの試験を行う場合には損傷は殆んど前二者のみで生じ、結局経験上品質管理試験においては前二者のみで充分であると論じている。

截断波の問題に関しては他にVogel氏も急峻波頭波及び截断波の場合における変圧器の巻線の電位分布状態を41図(a),(b)の如く図示し、コイル間の電位差の外に前者におけるコイル端大地電位の上昇に留意してその苛酷さを論じている⁽³⁷⁾が一般に波形についてはなお論議の余地があるようである。

G.E.社においては発生電圧5,000 kVのもの2台を組み合わせて10,000 kVを発生する世界最大の衝撃電圧発生装置を完成しており⁽³⁸⁾また360 kVの変圧器を製作して1,000 kV以上の衝撃電圧を30回以上印加し、全波1,550 kV、截断波1,788 kVに対して何等異状がなかったことを報じている。⁽³⁹⁾この変圧器においては42図のように高压巻線に薄い円筒型コイルを幾重にも同心的に重ねた多重同心型配置を採用して電位分布を改善している。(つづく)

参 考 文 献

- (15) 石川, 宮本, 三好: わが国最初の変圧器商用衝撃電圧試験「芝浦レビュー」(昭12-10,11)
- (16) 「東芝レビュー」(昭17-7)
- (17) 谷崎: 220kV変圧器の衝撃電圧試験「電学論」(昭15-9)
- (18) 小野, 木村, 八巻, 内田, 横須賀: 220kV 50,000kVA単相変圧器の衝撃電圧試験「電学論」(昭16-4)
- (19) 木村, 村上, 堀: 25,000kVA中性点絶縁低下変圧器の衝撃電圧試験「電学論」(昭24-6)
- (20) K.W. Wagner: Das Eindringen einer Elektromagnetischen Welle in eine Spule mit Windungskapazität, E.u.M. Feb. (1915)
- (21) L.F. Blums and A. Boyajian: Abnormal voltage within Transformers, Trans. AIEE (1919)
- (22) 小野: 「三菱電機」(昭9)
- (23) 小野: 電気学会関西支部講演予稿(昭11-2)
- (24) 木村, 横須賀: サージブルーフ型変圧器「電学論」(昭15-1)
- (25) 木村: 衝撃波形直減装置による変圧器電位振動と共振法による変圧器常数との関係
- (26) 宮本: 変圧器の内部電位振動「芝浦レビュー」(昭14-6,7,8,10,11)
- (27) 宮本, 三好: 三相変圧器の内部電位振動について「電学誌」(昭13-12)
- (28) 同上に対する質疑討論「電学誌」(昭14)
- (29) 宮本: 遮蔽変圧器「芝浦レビュー」(昭14-12)
- (30) 宮本: 変圧器内部電位振動の抵抗による抑圧第15回電気学会連合大会予稿(昭14-11)
- (31) 木村, 久保, 長沼: 小型変圧器の衝撃電圧試験「電学論」(昭19-4)
- (32) 絶縁協調委員会資料
- (33) W.H. Cotalogne descriptive section 46-140 Type C.S.P. surge protected substation transformers. Oct. (1935)
- (34) 絶縁協調特別委員会: 計器用変成器の衝撃絶縁耐力について「電学誌」70 (昭25-1)
- (35) H.V. Putman: Severe lightning test on a surge proof transformer E.E. 50 (1931)
- (36) P.L. Bellaschi: Impulse testing a power transformer routine, W.H. Engineering May (1945)
- (37) F.J. Vogel: A study of the relative severity of Steep front waves and chopped waves on transformers, AIEE Trans 66 (1947)
- (38) G.E. Review: 51 Jan. (1945)
- (39) J.R. Meador: 360 kV Power transformer G.E. Review: 51 dec. (1945)

三菱電機 昭和25年第24巻 総目次

第 1 号	搬送式テレメータ試験報告 : 日發 吉 川 神電 寛 門	頁 2
	30kV V 型碍子型遮断器 : 五十嵐	14
	FL-1 型による電力ケーブルの障害探知 : 樫 本 上 村	17
	プレス荷重計算に対する切欠応力の考慮 : 斎 藤	20
	塗料の噴霧作業条件の決定について : 大 田	25
第 2 号	電気機器劣化程度の判定について : 近畿日鉄 片 山 井 原	32
	変圧器の衝撃電圧試験 (1) : 木 村 堀	37
	電気用刷子の磨耗 (1) : 森 田 前 田	44
	ロートロール性能と応用 : 片 岡 竹 内	59
	軸電流による軸受メタルの磨耗について : 片 山	70
	「鑄鉄製グリッド」について : 田 中	72
	日發尼崎第二火力発電所復旧について : 長 電 神 電	76
第 3 号	超音波探傷装置について : 豊 田 近 藤	78
	連接接地試験 : 横須賀 安 藤	83
	電気用刷子の磨耗 (2) : 森 田 前 田	95
	ラジオヒータによる蓄電器套管の乾燥について : 馬 場 渡 辺 高 木	102
第 4 号	高速度断流器 : 宮 内 小 路	106
	船舶用小型電気冷蔵庫 : 石 川 中 原	111
	電気用刷子の磨耗 (3) : 森 田 前 田	117
	2kg 新型アイロン : 田 村	130
第 5 号	選炭場の総括制御 : 武 田	134
	超仕上加工法の応用 : 高 田	144
	変圧器の衝撃電圧試験 (2) : 木 村 堀	150