

変圧器の保守〔1〕

Maintenance of Transformer

寺島 菊二* 富安 洋夫*
Kikuji Terashima Hiroo Tomiyasu

〔I〕 緒 言

最近における電力用変圧器の進歩は目覚しく、中容量のものは全装可搬型とし、大容量のものも現地の中身組立作業を不必要あるいは極度に簡易化して、製作工場内の完備した設備と最善の管理のもとに製作、試験されたままの高度の安定度をもった状態で運転に入れうる新しい方式が採用されている。

使用中の劣化を防止し、かつ保守の簡易化のため密封型、窒素封入型が採用されている。特に雷撃による事故を完全に防止するため巻線ならびに絶縁構造に画期的な改善が加えられ、高電圧変圧器には制限遮蔽方式が採用されている。

しかしこの進歩は長年にわたって順次に行われたもので、現に使用されている変圧器の大部分は、この進歩の途上において製作されたものである。したがってそれぞれの製作年度によつて、構造、縁

絶方式、附属品なども異り、また長年の使用により老朽化している変圧器も多数あるものと思われる。これらの変圧器をできるだけ事故なく使用するには、十分な保守が必要である。

各電力会社の共同調査⁽¹⁾によれば、使用年数10～25年

第1表 500 kVA 以上の変圧器事故統計

事故箇所	国産	外国製	合計	事故率 (%)	設備合計台数6,711台に対する事故率 (%)
	設備台数6,042台	設備台数 669台			
コイル	231	22	253	42.1	3.8
ブッシング	166	29	195	32.4	2.9
口出線	50	5	55	9.1	0.8
タップ切換器	38	4	42	7.0	0.6
冷却装置	28	4	32	5.3	0.5
ケース	8	1	9	1.5	0.1
その他	16	0	16	2.6	0.2
総計	537	65	602	100	9.0

注： 数字は件数を表す。
調査対象期間、昭和21年4月から昭和24年3月まで

第2表 年度別変圧器事故統計

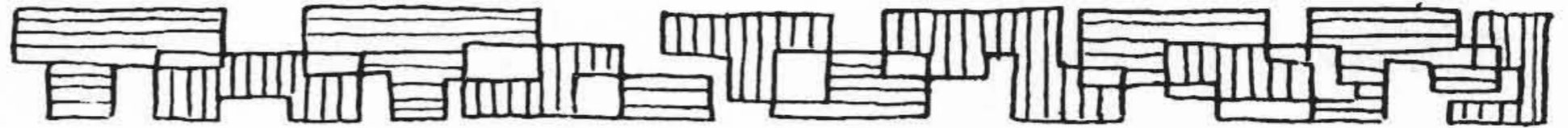
故障箇所	年 度							合計	事故率 (%)
	昭和23年	24年	25年	26年	27年	28年			
コイル	80	198	108	153	113	116	768	46.4	
ブッシング	40	101	108	101	61	61	472	28.5	
冷却装置	12	26	17	11	7	6	79	4.8	
その他	37	65	76	67	51	39	335	20.3	
総計	169	390	309	332	232	222	1,654	100	

注： 数字は件数を表す。

第3表 コイル事故と経過年数の関係および事故の原因別統計

経過年数	設備台数	事故総件数	事故率 (%)	異常電圧		外部短絡	その他	原因別事故率 (%)		
				雷	その他			異常電圧	外部短絡	その他
5年以下	257	14	5.4	4	2	0	8	2.3	0	3.1
6～10年	913	28	3.1	5	7	2	14	1.3	0.3	1.5
11～15年	1,576	42	2.5	10	11	4	17	1.3	0.1	1.1
16～20年	953	27	2.8	3	6	3	15	0.9	0.3	1.6
21～25年	1,415	62	4.4	7	14	10	31	1.5	0.7	2.2
26～30年	751	46	6.0	3	7	6	30	1.3	0.7	4.0
31年以上及び不詳	846	34	4.1	9	5	6	14	1.7	0.7	1.7
合計	6,711	253	3.8	41	52	31	129	1.4	0.5	1.9

* 日立製作所国分工場



第4表 ブッシングの型別と事故件数比率
および原因別事故比率

型別	事故件数比率 (%)	原因別事故比率 (%)				
		外雷	内雷	吸湿	劣化	その他
油入型	22	28	18	4	29	21
コンパウンド型	24	20	18	18	27	17
コンデンサ型	31	15	7	41	15	22
その他	23	10	25	0	32	33

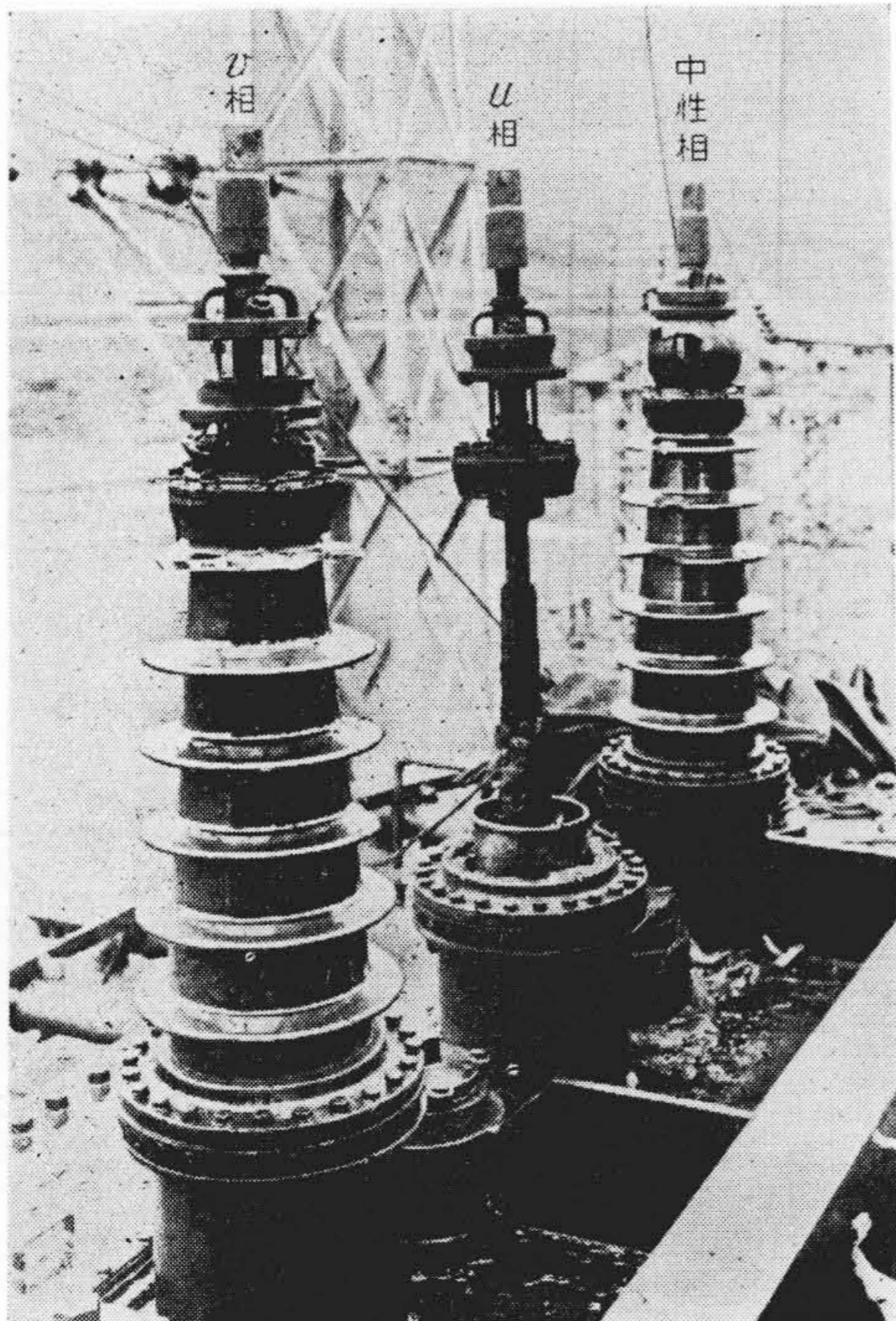
に至るものが、設置総台数の過半数を占めている事実より、製造年度の古い変圧器の保守がいかに重要な問題であるかがわかる。本稿ではこれら変圧器について製造者側の立場からみた保守上の希望の概略を述べる。御参考になれば幸甚である。

〔II〕 変圧器事故統計よりの考察

500 kVA以上の電力用変圧器の事故を、各電力会社で調査された事故統計⁽¹⁾および通産省で纏めた事故統計⁽²⁾を基にして第1～4表に示す。

第1表、第2表に示すように事故の大部分はコイルとブッシングが占めている。このうちコイルの事故と使用経過年数との関係を第3表に示す。

事故の原因にはコイルにとって不当に過大な応力を与えた場合、あるいは運転開始当初においてすでに欠陥が存在していた場合もあると思うが、経年劣化もまた見逃



第1図 66 kV用ブッシング事故破損状況

せないことが本表から推定される。

第4表にブッシングの事故件数の型別比率および各型に対する原因別比率を示す。吸湿あるいは劣化と判定された場合も少くないが、そのほか外雷あるいは内雷と判定されたものの中にも真因は、吸湿あるいは劣化と判定されるべき場合があるであろう。ブッシングのごとく事故後の原因判定を困難ならしめるような破壊の形態をとるものにはありうる。第1図に66 kV回路用ブッシングの事故破損状況を示す。

日立製作所が昭和27年から29年にかけて全国181箇所の発電所で調査した結果からみても、コイルやブッシングの油が吸湿あるいは変質して危険な状態で運転されている変圧器にしばしば遭遇している。ブッシングの油の酸価2.5が絶縁抵抗が $3 \times 10^8 \Omega\text{-cm}$ とはなはだしく劣化している事例もあつた。

吸湿の防止、劣化の抑制が保守の大きな役割になることが頷ける。最近の製品ではこの方面の改善に見るべきものがあるとしても古い変圧器には保守に手数をかけねばならぬものが多い。

〔III〕 点 検

日常点検と定期点検とに分けられる。日常点検とは、巡視の際随時行うものをいい、温度、油量、音響、油洩れ、そのほか呼吸調節器の乾燥剤、バーステングプレートの点検などはこの事項に含まれる。

定期点検とは、絶縁抵抗の測定、ブッシングの点検、温度計の点検、絶縁油の点検（コンサーベータの油も含む）、呼吸調節器の点検、内部点検、冷却装置の点検清掃などである。

これらについてはそれぞれ軽重があり、また製造者側として経験から希望もあるので以下その概略について述べる。

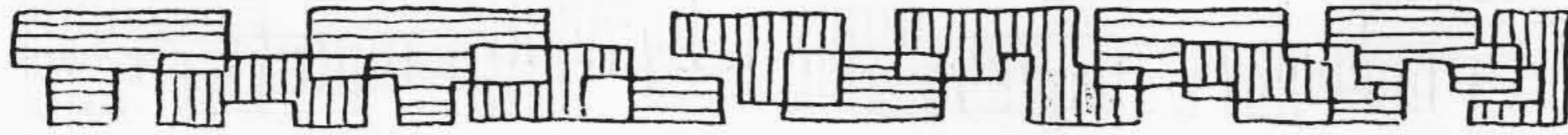
(1) 日常点検について

(A) 変圧器の温度

変圧器の温度は絶縁物および油の寿命に直接関係する故、監視はいつも注意しなければならない。JEC-120では、油の温度は90°Cが限度とされているが、日常この限度以下であることを確かめるだけでなく、負荷状態および周囲温度とも睨み合わせて適正な温度なりや否やを確かめる必要がある。一般にコイルと油の温度差は構造、容量によつて異なるが自冷式においては10～15°C、送油式のものには15～20°C位である。ことに過負荷運転（後述〔VI〕参照）の場合、または線路事故などの後は、特に温度の変化を監視する必要がある。

(B) 油量の点検

油の量は絶縁、冷却の点からも重要で、油面計は常時監



視する必要がある。

(C) 音 響

日常音響は耳に馴れているから、音に変化のあるときは容易に気が付く。事故の早期発見がこれによつてなされること、しばしばある。異常音の原因は種々考えられる。すなわち

- (a) 湯水期に生じやすい大きな周波数の変化によるタンク、放熱器などの共振
- (b) 鉄心の締付機構上に欠点がある場合
- (c) 鉄心ならびに締付金具、締付ボルトなど鉄心構造上の欠陥により、いわゆるコアショート現象が生じた時
- (d) 締付部の緩み

などがあげられる。また電氣的接続箇所の接触不良、あるいは内部放電など微小音についても、タンクに耳を当てることにより感知できるものである。

(D) 油 洩 れ

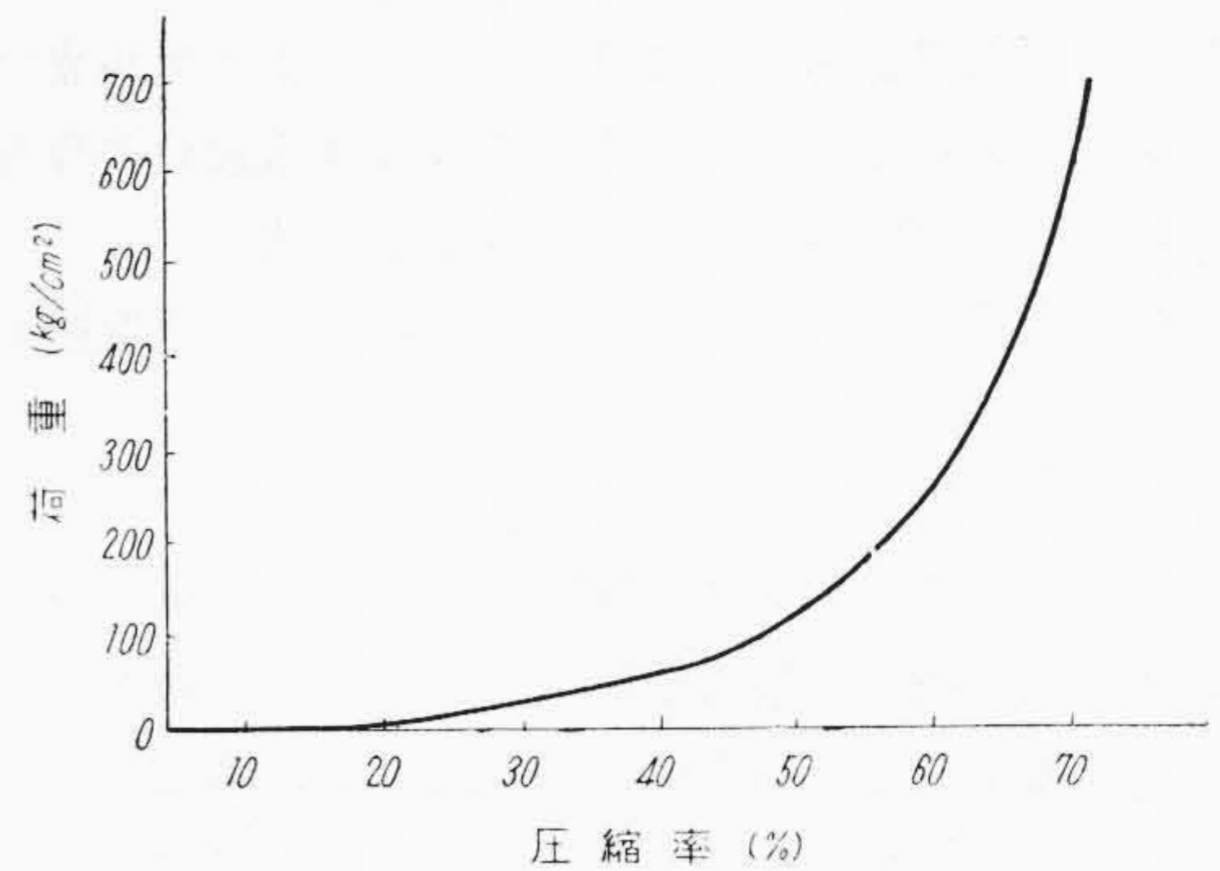
油洩れは油の劣化の一因ともなりまた変圧器の外観を著しく汚損するから、バルブ類の取付箇所、パッキング部分などは特に注意して点検して頂きたい。油洩れの原因が溶接または製造者の責任にある場合は、ただちに最寄りの営業所を通じて連絡して頂くことは今さら申し述べるまでもない。パッキング交換の場合は従来のコルクパッキングに代るハイカーコルクパッキングを使用するように御薦めする。ハイカーコルクは耐油、耐熱、非透過性、強度などにすぐれた性能を有し、反復使用できる利点も有している。使用に当つては、パッキングの当る面を綺麗に磨くことと、ハイカーコルク用の接着剤を使用することである。また締付については従来のコルクパッキングは原厚の30~40% (圧縮率60~70%) になるまで締付けて使用することが適当とされていたが、ハイカーコルクでは原厚の60%程度 (圧縮率40%) が適当とされている。第2図にハイカーコルクの圧縮率と加重の関係を示したが、図から圧縮率40%では加重は60 kg/cm²となる。したがって使用パッキングの幅については、使用ボルトの太さ、ボルトのピッチなどより一様にはならないが、あまり幅を広くすると、上記40%まで圧縮できないことも生ずるので注意を要する。

(2) 定期点検について

(A) 絶縁抵抗の測定

従来から絶縁劣化の検出の一方法として広く行われている。詳細は後述 ([V]参照) するも、絶縁劣化の傾向を把握する一つの要素となるから、測定の絶対値を問題とせず経年的にグラフ化した記録をとり、それを統計的に検討する必要がある。

(B) ブッシングの点検



第2図 ハイカーコルクの圧縮率と荷重の関係

第5表 ブッシング油の試験結果

試験項目	試験条件		試料			
			A	B	C	D
酸価	ASTM D974-48T	KOH mg/g	0.106	0.921	0.585	0.643
鹼化物	ASTM D974-48T	KOH mg/g	0.56	1.57	1.68	2.38
スラッジ	大豆揮発油不溶物	%	0.11	0.145	0.135	0.102
色	ASTM D155-45T	ユニオン	(-) 2½	(+) 6	(+) 4½	(+) 4
絶縁抵抗	JIS-C2101	60°C 300V Ω-cm	1.17×10 ¹³	9.45×10 ¹¹	8.37×10 ¹¹	6.41×10 ¹¹

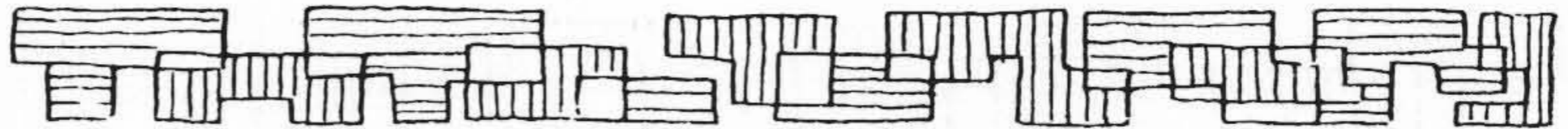
注： A……某 S.S. 10,000 kVA 変圧器昭和13年製 77 kV 予備ブッシングの油
 B……某 S.S. 10,000 kVA 変圧器の使用中の 77 kV ブッシングの油
 C……某 S.S. 15,000 kVA 変圧器昭和11年製 77 kV ブッシングの油
 D……某 S.S. 15,000 kVA 変圧器昭和12年製 77 kV ブッシングの油

ブッシングの事故は [II] 事故統計で述べたごとくかなりの割合を占めているにもかかわらず、保守が軽視されている傾向があり、内部の油にスラッジが発生しドロドロになつたような状態で使用されているのが少ない。

一例として3箇所の某変電所に取付けられた77 kV ブッシングの油を取出して試験した結果、第5表のごとき特性を示した。表中B, C, Dはほとんど絶縁油を逸脱した程度まで劣化しているが、この状態は油入型ブッシングに使用した絶縁油の劣化状態の一端を示すものと考えられはなはだ心配である。

通電開始後10年あるいは15年を経過しているが、油は一回も取換えてないというようなブッシングは大部分第5表と同様に絶縁油が劣化しているものと考えられる。

油入ブッシングは上記のように内部の絶縁油が劣化しやすく変圧器本体の油に比較して劣化の速度も速い。油の劣化を完全に防止することは困難であるから劣化した場合は油を取換えねばならない。



ブッシング内の油の劣化防止策としては、

- (a) 頭部ガラス筒内に吸着剤（アルミナゲルまたはシリカゲルなど）を封入して侵入する水分の吸着ならびに酸化生成物の吸着をさせる方法
- (b) 頭部ガラス筒の油を可及的にたびたび取換えること

などがあげられる。

油の劣化はブッシングの呼吸作用による湿気の侵入および油の酸化現象が最大の原因である。また太陽の紫外線による劣化促進もあるが、いずれにせよ劣化の現象は頭部のガラス筒から発生することを考えて対策を考慮すべきである。ガラス筒内の油は1年に1回以上に取換えることが望ましい。

10年以上も油を取換えない場合は、内部が前述のように劣化生成物で非常に汚れている故、解体清掃することが必要である。

塵埃や酸、アルカリ性のガスの多い所で使用されているものに対してはガラスの表面を定期的に清掃する必要がある。

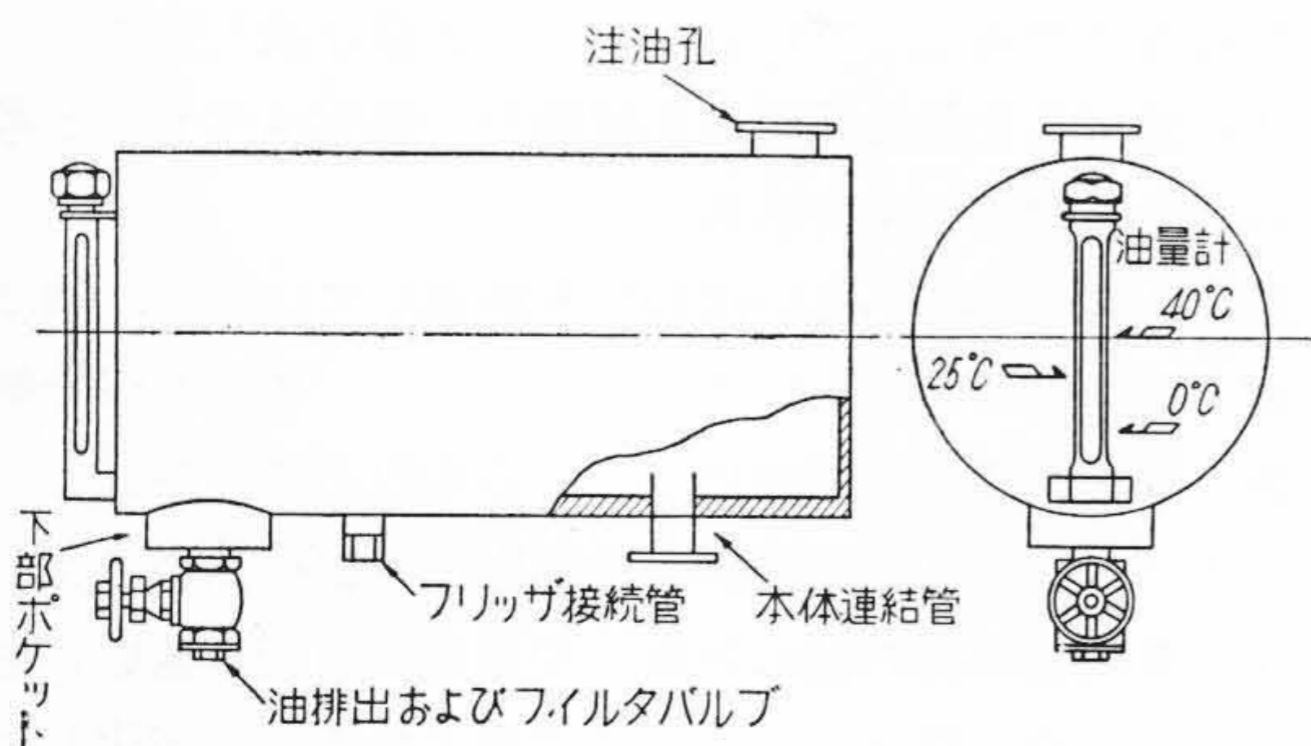
(c) コンサーベータの点検

コンサーベータは変圧器タンク内の油の劣化を防止するために設けられたものであるが、比較的軽視され勝ちな存在である。

湿気はまずコンサーベータに侵入してコンサーベータ内の油が劣化する。劣化油中の水分、不純物は下部ポケット部に溜るから、排油弁を開いた時に全部の油を点検する必要がある。

特例ではあるが昭和3年製5,000kVA変圧器の解体点検の際、コンサーベータを調べたところ、内部にスラッジが100mmも堆積しコンサーベータ内の油の半分はスラッジであつたというような例がある。したがってコンサーベータ内部はスラッジで汚損していることを考慮し、3～5年に1回位内部を清掃し油を濾過することが望ましい。

なお特に注意すべきことは、本体の油を濾過する場合



第3図 コンサーベータ構造

コンサーベータと本体の連結バルブを閉じて、本体とコンサーベータをおのおの別個に作業を行うべきである。これを怠るとコンサーベータ内の劣化した油が本体内に流れ込み、コイル、絶縁物などを汚損しかえつて悪影響を及ぼすことがある。

コンサーベータの油の保守を良好に行えば、変圧器本体の油の劣化に与える影響はきわめて少く、したがって本体の油は良好な状態を保つことになる。このことは案外軽視されていることなので、ここに特に強調する次第である。

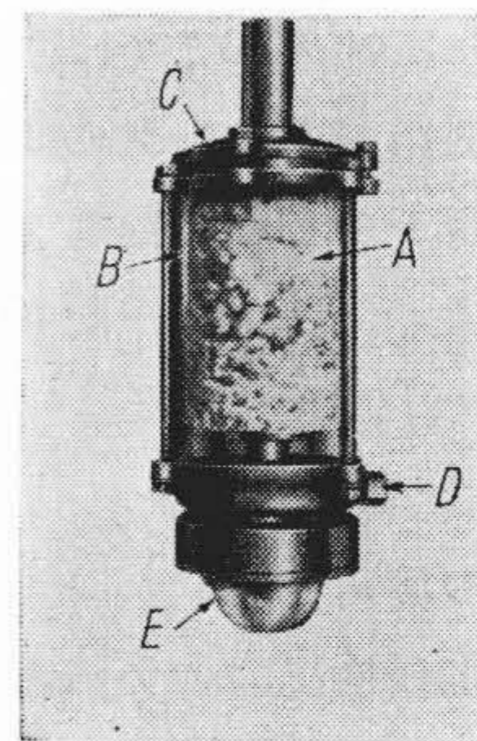
(D) 呼吸調節器の保守

呼吸調節器の外観を第4図に示す。吸湿剤としては従来工業用塩化カルシウムが主として使用されていたが、潮解現象のあること、再生が困難であることなどの欠点があるため最近ではシリカゲルが使用されている。シリカゲルは塩化コバルトを用いて青色に着色されており吸湿すると薄桃色に変化するので、点検に便利である。吸湿したものは140°C位で加熱乾燥すれば吸湿性能が回復すると共に、青色に変化し、何回でも反復使用できる。従来塩化カルシウムを使用していたものに、シリカゲルを使用する場合は容積を2倍以上に大きくしたものと交換することが望ましい（後述〔VIII〕参照）。

高木氏は呼吸調節器による吸湿効果をつぎのように発表されている⁽⁴⁾。すなわち10kV以上の油入変成器の $\tan \delta$ を百数十台について現地試験した際、その中2台が呼吸調節器付であつたが、わずかこれだけのことで同時代の製品の全部の $\tan \delta$ が10%以上で明らかに吸湿しているのに対してこの2台は、 $\tan \delta$ が5%以下であつた。これによつていかに呼吸調節器が重要な役割を果しているかが窺われる。

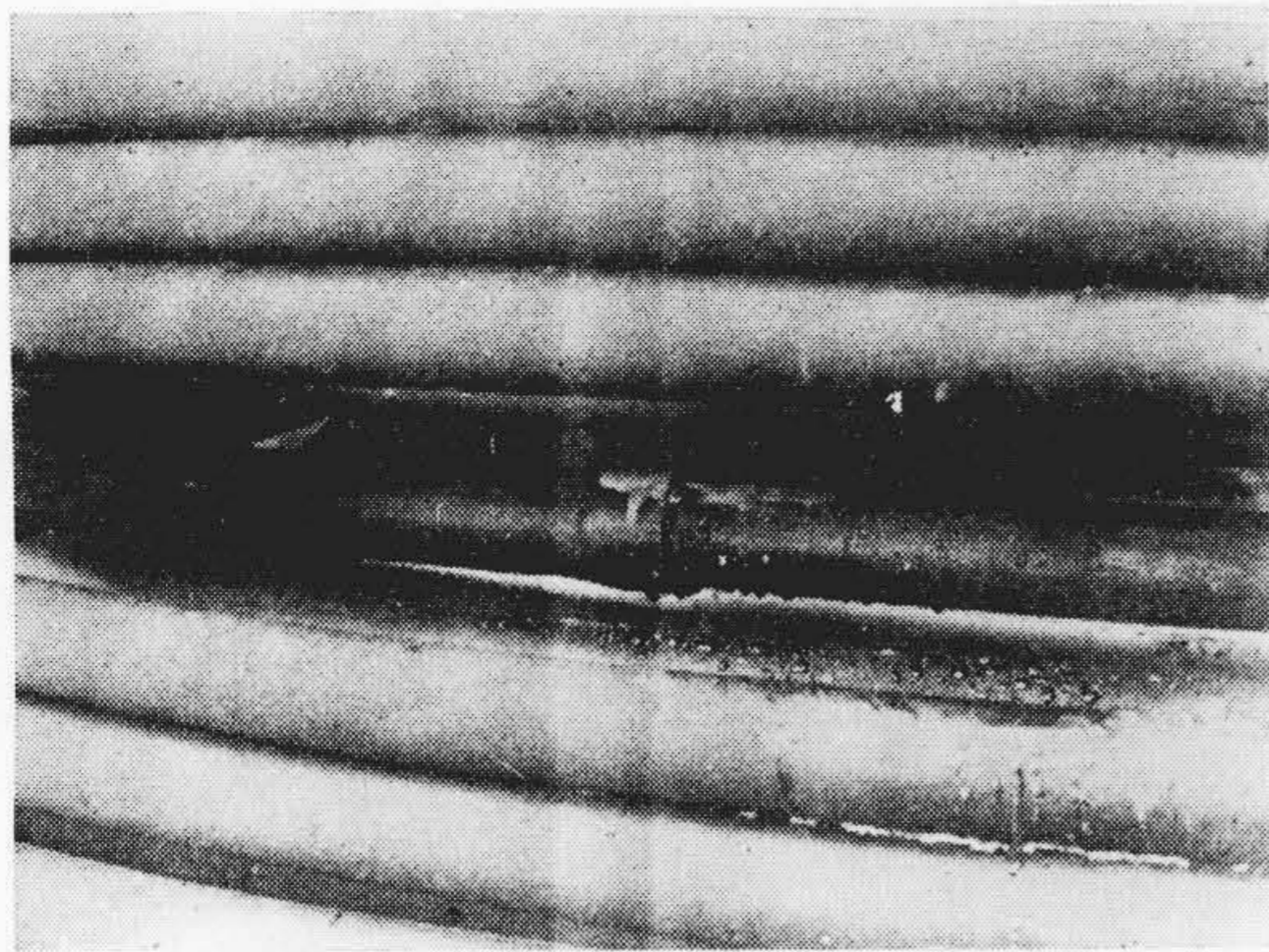
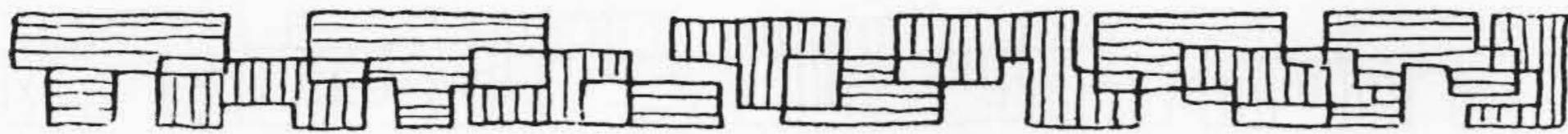
(E) 水冷式変圧器の保守について

水冷式変圧器には、水冷蛇管を変圧器タンクに内蔵し



- 注： A……吸湿剤（工業用塩化カルシウム）
 B……ガラス筒
 C……カバー
 D……排水弁
 E……呼吸調節器

第4図 呼吸調節器（塩化カルシウム用）外観



第5図 水冷蛇管水洩れの一例

た方式と冷却器を別設置した方式とあり、前者は近年は製作されないが、20年以前には多数製作され現在も各所において使用されている。

(a) 蛇管内蔵式の保守

(i) 水冷蛇管の水洩れはただちに焼損事故に発展するので特に注意が必要である。すなわち3～5年ごとに蛇管の水圧試験の実施を希望する。水圧は7～10kg/cm²位が適当である。第5図に某変電所10,000kVA 変圧器の水冷蛇管より水洩れしている状態を示す。

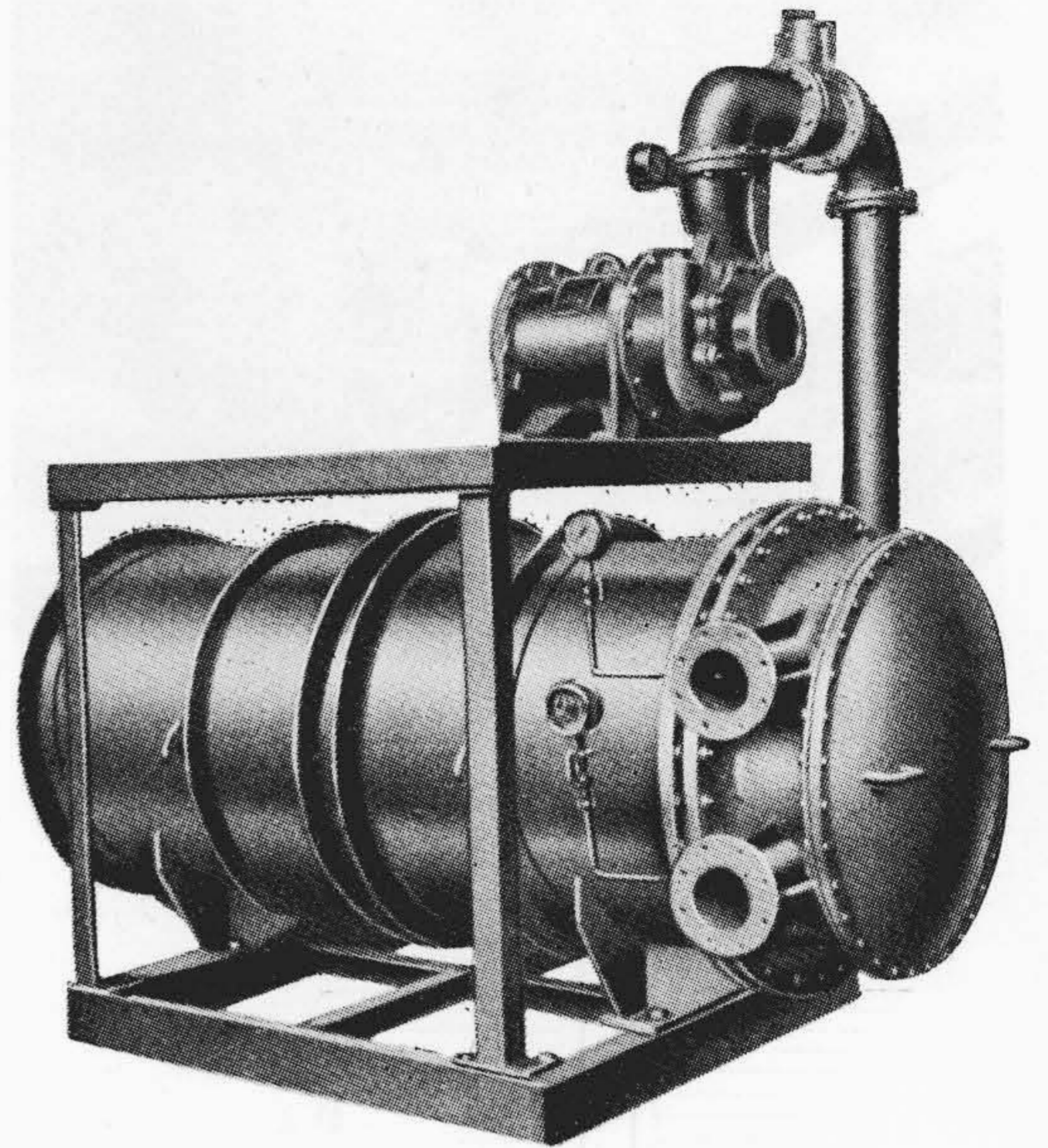
(ii) 油の絶縁試験をたびたび実施し、万一水冷蛇管の水洩れが生じた場合の早期発見につとめること。

(iii) 冷却水が汚濁していたり水質が悪いと冷却蛇管が詰り通水量が減少して温度上昇をきたす原因となる。負荷と温度上昇、冷却水の温度と通水量を管理し温度上昇に異常があれば蛇管の点検、掃除が必要である。蛇管内部の水垢の掃除は硫酸または硝酸5～8%程度の溶液で管内を洗い、水垢の堆積がはなはだしい場合には管内を十分乾燥した後、硫酸15%+食塩5%溶液を注入し、約20時間位放置する。その後アルカリで中和し、よく水洗いしておく必要がある。土砂などが詰る場合は水を流し込んだ後、空気圧力5～6 kg/cm²で押し出して掃除する。また冷却管の外周にスラッジが附着して冷却をさまたげる場合もある。冷却管の掃除は可及的蛇管を取出し、単独で行うよう希望する。取付けたまま実施することは緊急止むなき場合に限る。

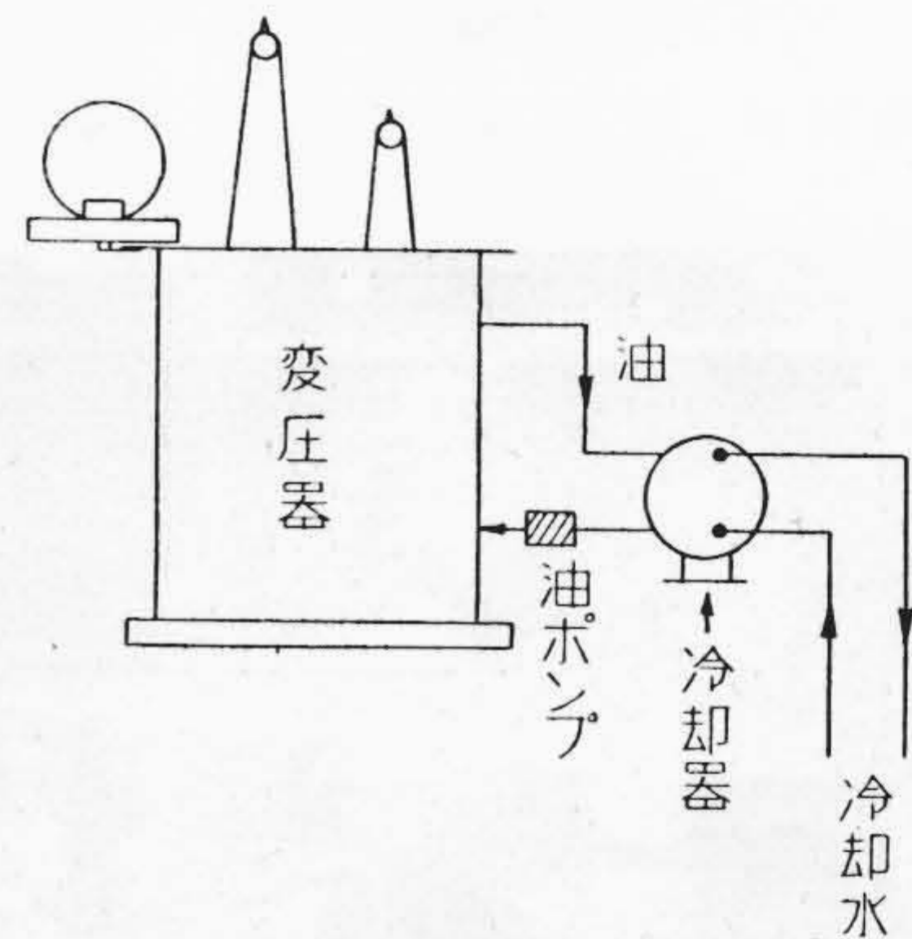
(iv) 寒冷地で冬期変圧器の運転を停止する場合は、冷却水を完全に抜いて置く。これを怠ると水が氷結して冷却管を破ることがあるから注意が必要である。

(b) 冷却器別設置方式の保守

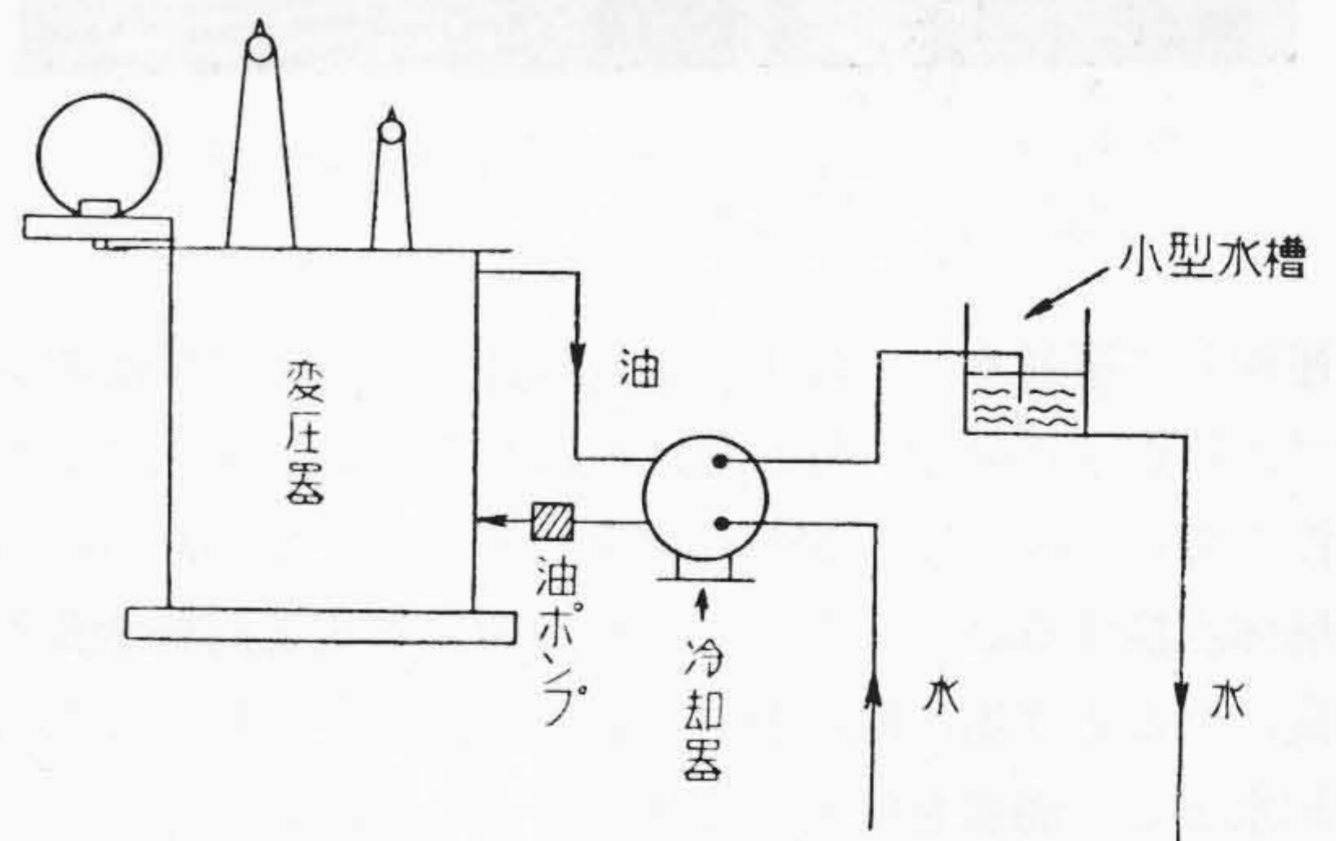
本方式冷却器の外観を第6図に示す。この方式は運転



第6図 別設置冷却装置の外観

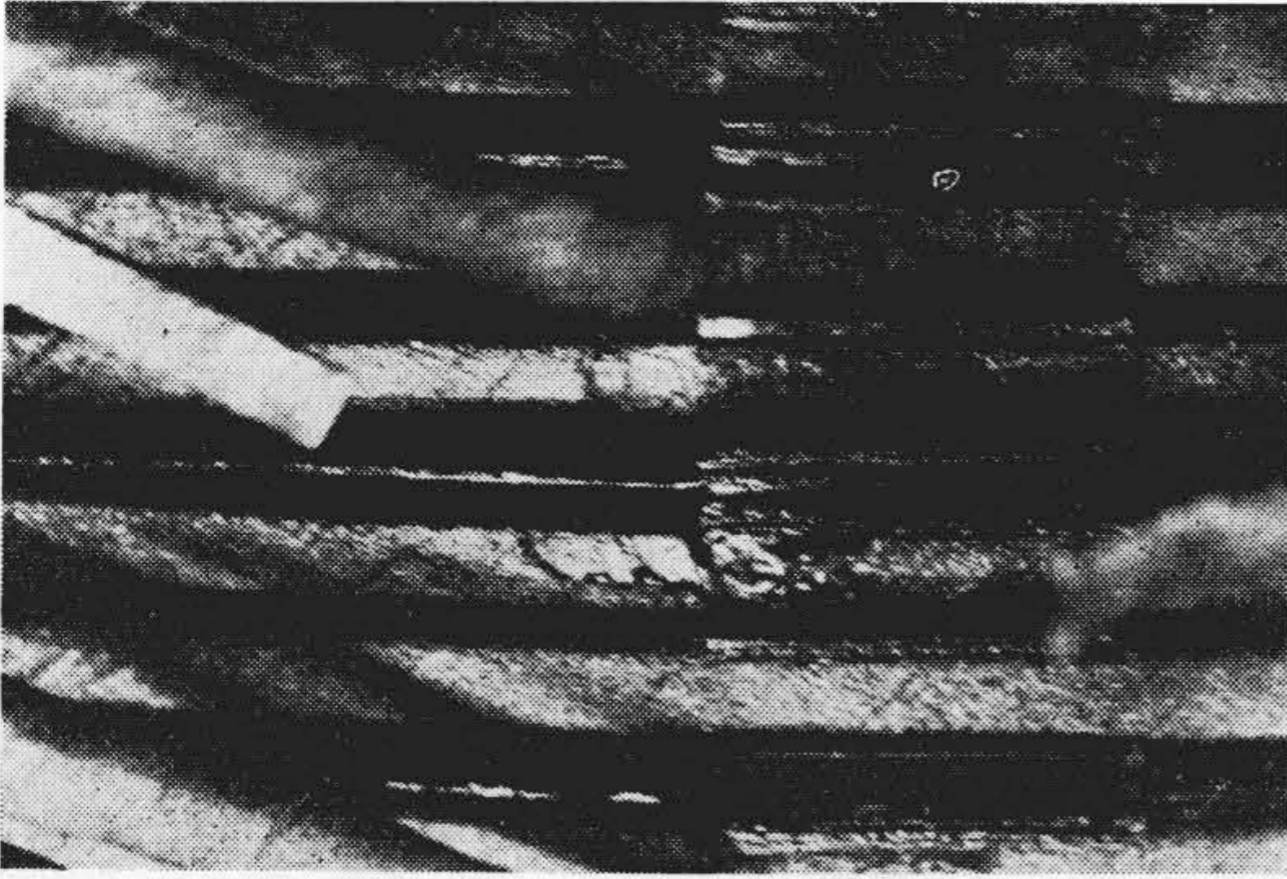
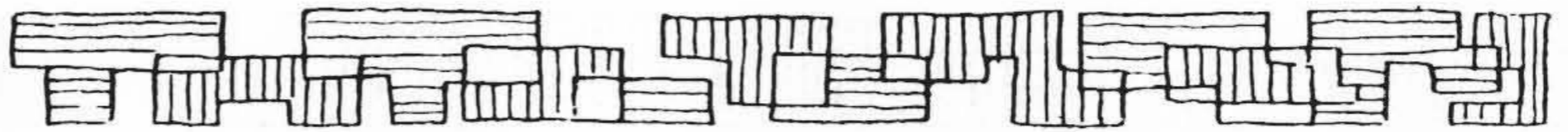


第7図 冷却器配管例

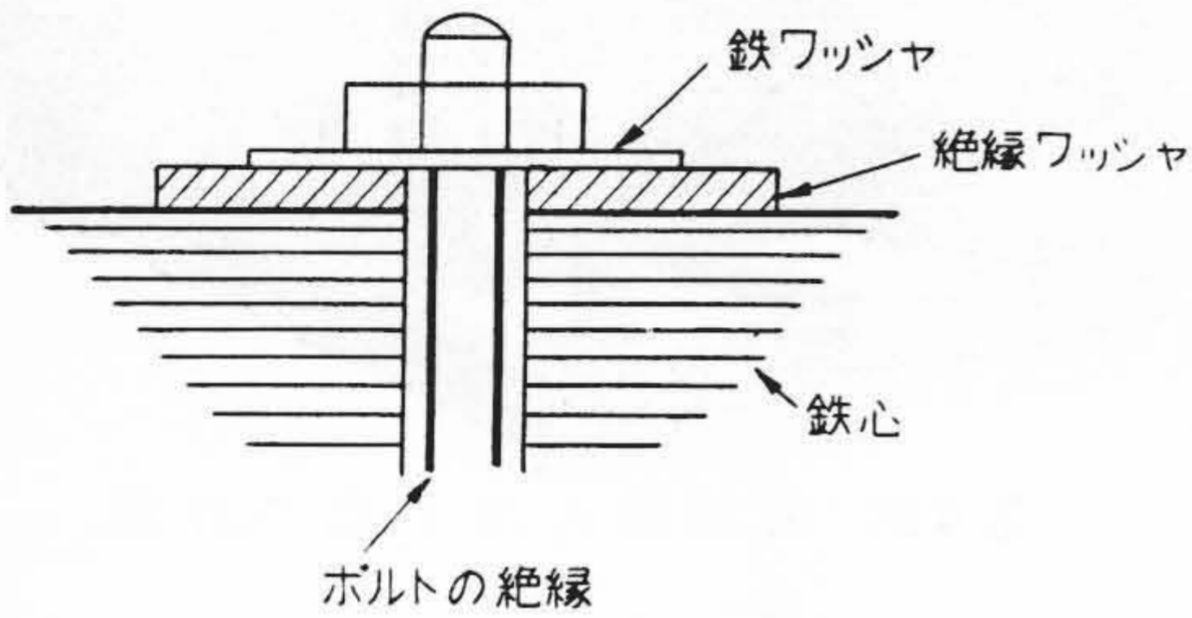


第8図 冷却器配管変更例

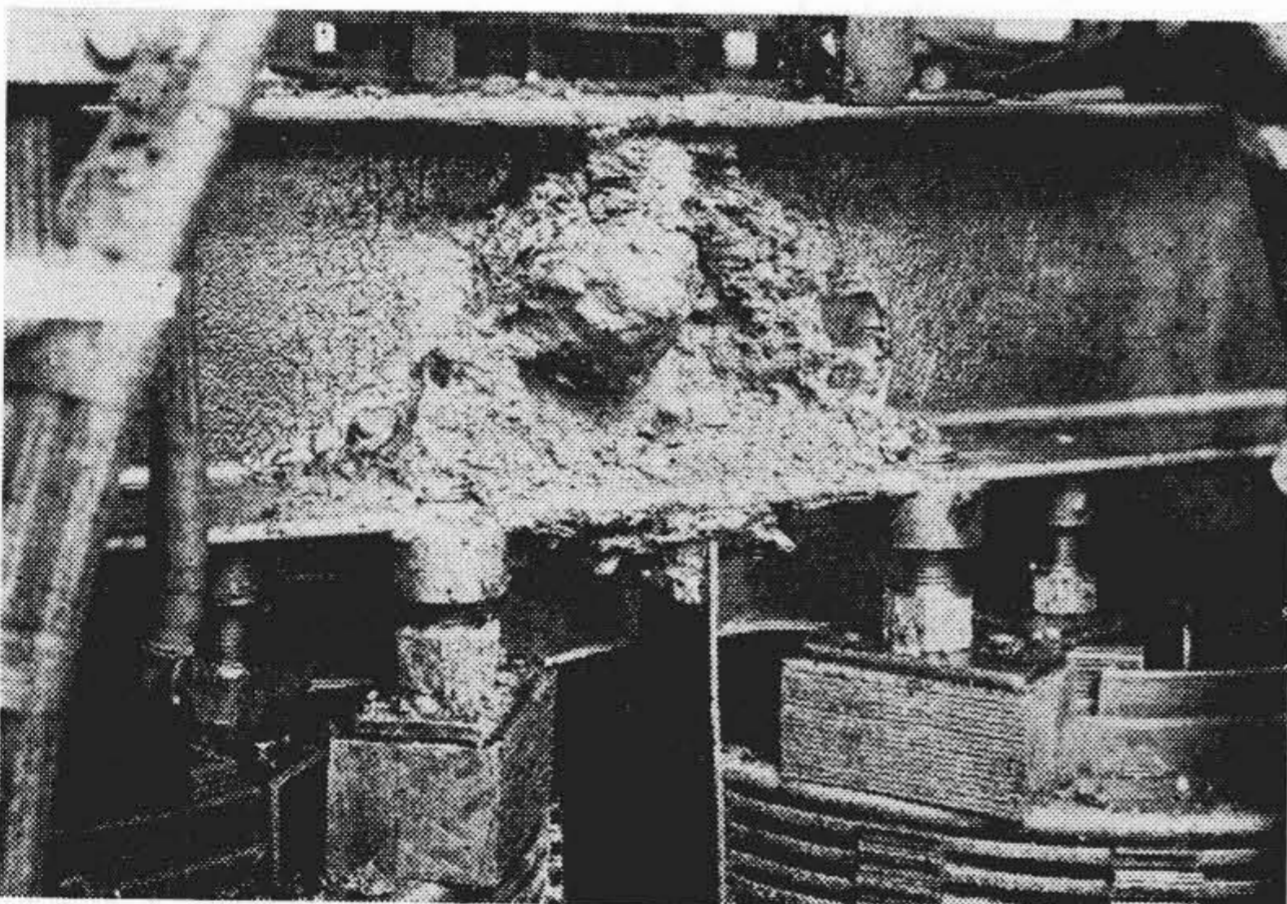
中、停止中のいずれを問わず冷却水の圧力は常に油の圧力よりも低い状態にあることが必要で、万一冷却器に事故が生じて油圧が水圧よりも高ければ油中に水は混入しない。したがって運転開始の際は、まず油のポンプを



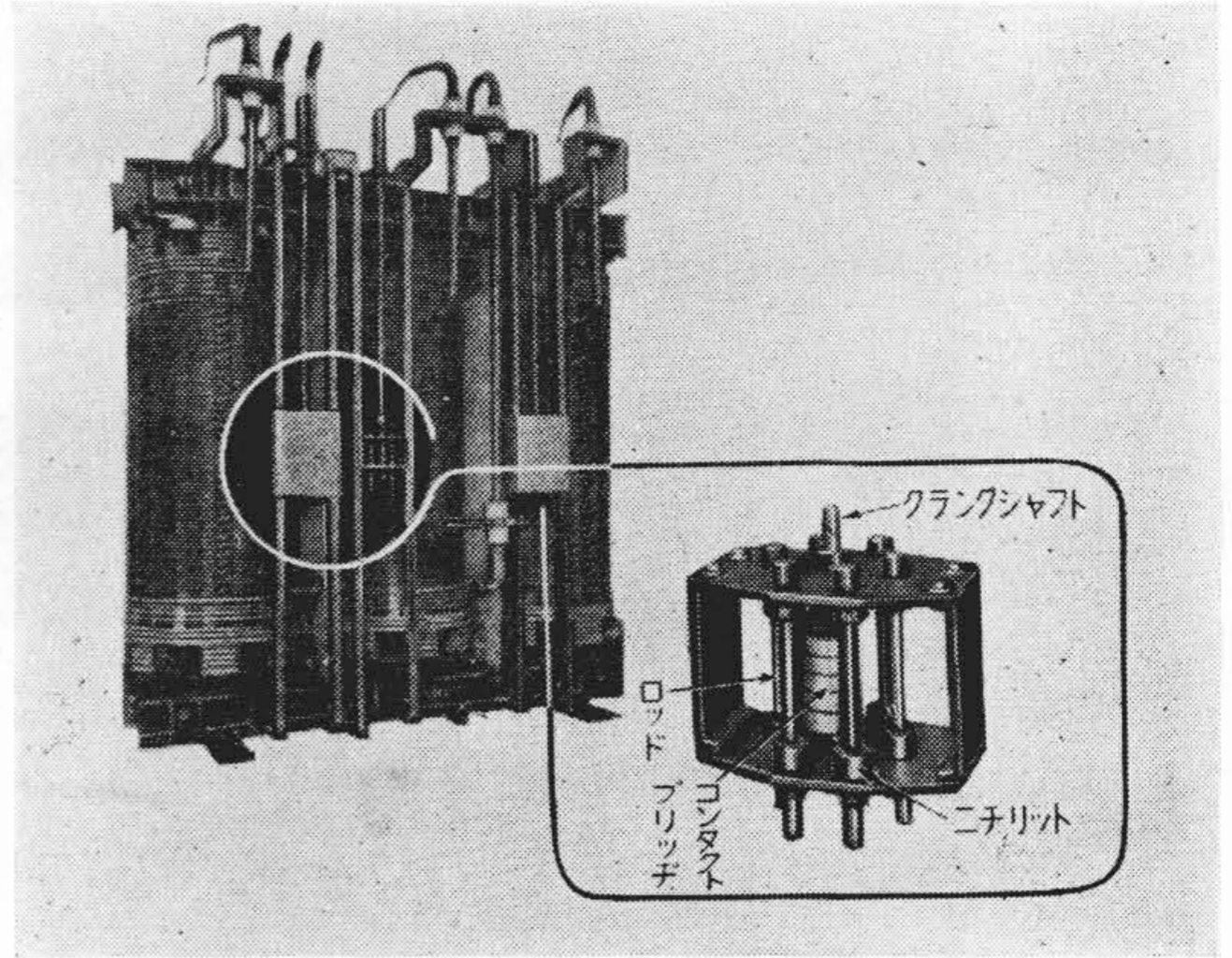
第9図 コイル表面損傷箇所の一例



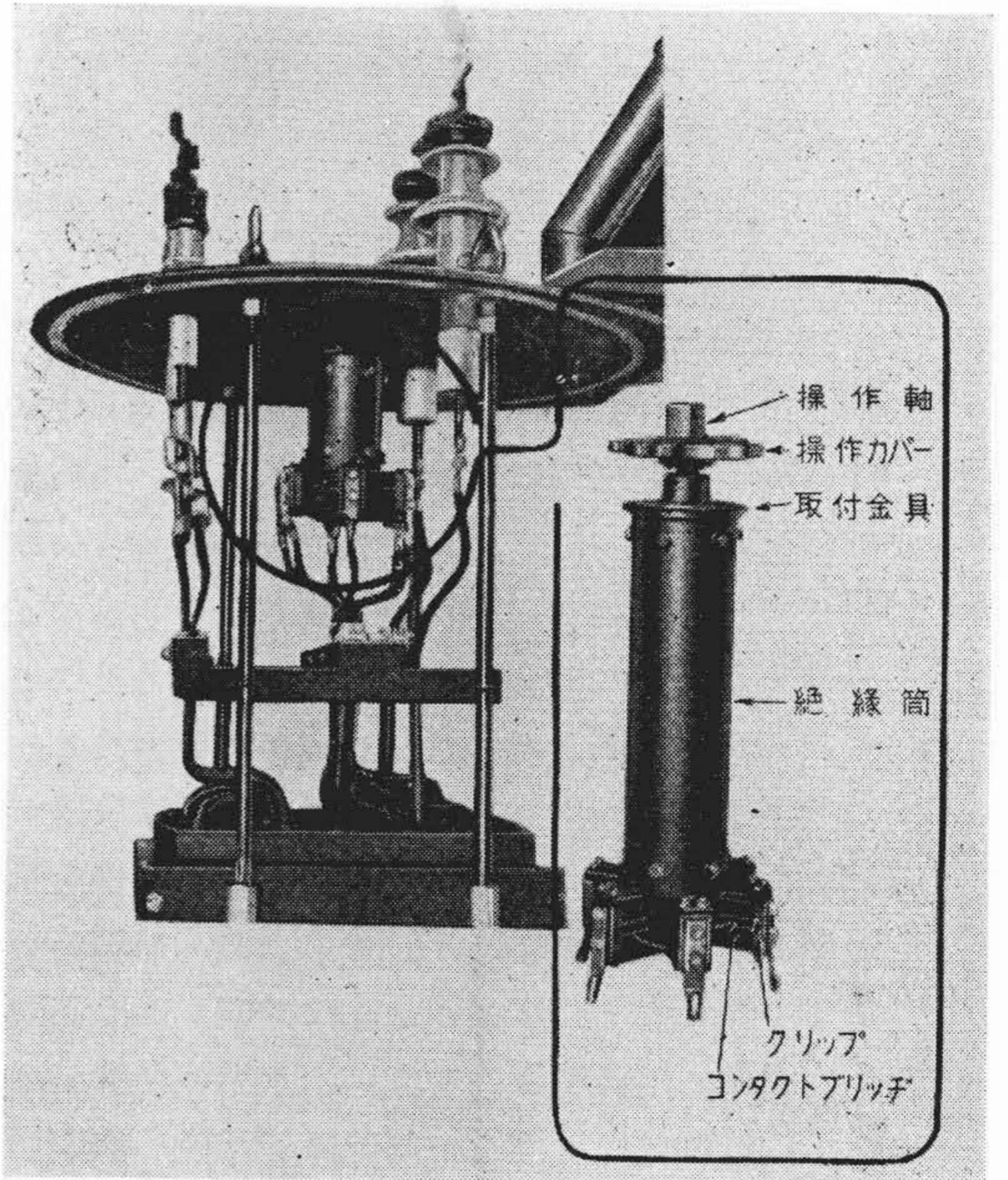
第10図 鉄心締付ボルト構造



第11図 鉄心締付ボルトの絶縁不良により
局部加熱された状態



第12図 三相内鉄型変圧中器身およびドラム型調比装置



第13図 クリップ型調比装置

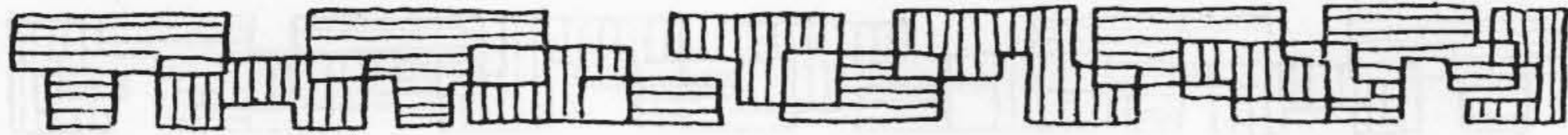
運転して後通水し、停止の場合は通水を止めて後油ポンプを停止する順序で行わなければならない。排水に油が浮んでいる場合は、油洩れを生じている心配があるから解体点検する必要がある。また内蔵蛇管式と同様水質不良、たとえば塩、酸の多い場合や土砂の多い時、また冷却水として海水を使用する場合などには、2~3年ごとに解体点検が必要である。

下記は現地調査を行つた際の一例であるが、某発電所で変圧器が過熱焼損したので原因を調査したところ、第7図のごとき配管で冷却器の上部には水が通らないために冷却効果が減殺されていることかわかつた。これを第8図のごとく変更することによつて水は完全に冷却器に

充満し、しかも排水を点検するのにも便利となつた。

(F) 内部点検について

日常の前述の保守点検が良好である場合は中身を吊出して点検する必要はほとんど無いといつてよい。しかしながら長年の間に油中のスラッジが、コイル、鉄心リード線などに附着し絶縁強度を低下せしめ、またオイルダクトを埋めてコイルの冷却をさまたげ、引いては絶縁物の劣化をきたすことが心配される。したがつて大型の変圧器は、油抜き後マンホールから内部に入り汚損の程度、スラッジ附着状況などを点検し、また小型変圧器はハンドホールより内部を点検して中身を吊上げるべきか否かを決定すべきで、無意味に中身を引き出し大気中に曝す



ことはむしろ避けるべきである。

古い変圧器で10年に1回とか、あるいはほかに移設するため中身を吊上げる必要のある場合は、十分に点検すべきである。以下点検に際し注意すべき箇所について概略を述べる。

(a) コイルについて

- (i) コイルの絶縁に損傷が無いかわ調査する。
- (ii) コイルの押えボルトなど締付部分に緩みが無いかわ調査する。
- (iii) コイルの絶縁物の劣化状態を調査する。

某発電所 25,000 kVA 変圧器のコイルに第9図のごとき損傷箇所のあることを中身点検の際発見した例がある。

(b) 鉄心について

- (i) 締付箇所に緩みは無いかわ、発錆はないかわ調査する。
- (ii) 鉄心締付ボルトの絶縁および鉄心の接地は完全になされているかわ調査する。鉄心締付はボルトの絶縁は特に重要な問題で、これが不良の場合はいわゆるコアショート現象で大電流のためボルトが溶けることがある。このような場合は局部的に温度上昇し、引いては鉄心をも焼損することがある。第10図に締付ボルト構造の一例を示し第11図に締付ボルトの絶縁不良からコアショートを起し局部加熱を起した状態を示す。

(c) リード線および支持木について

- (i) 損傷部分の有無の調査。特に長年使用した変圧器のリード線は絶縁が脆くなっているから、損傷部分はテーピングをやり直さねばならない。
- (ii) 取付け、締付部分の緩み特に電氣的接続部の緩みの有無は入念に点検する。

(d) 調比装置について

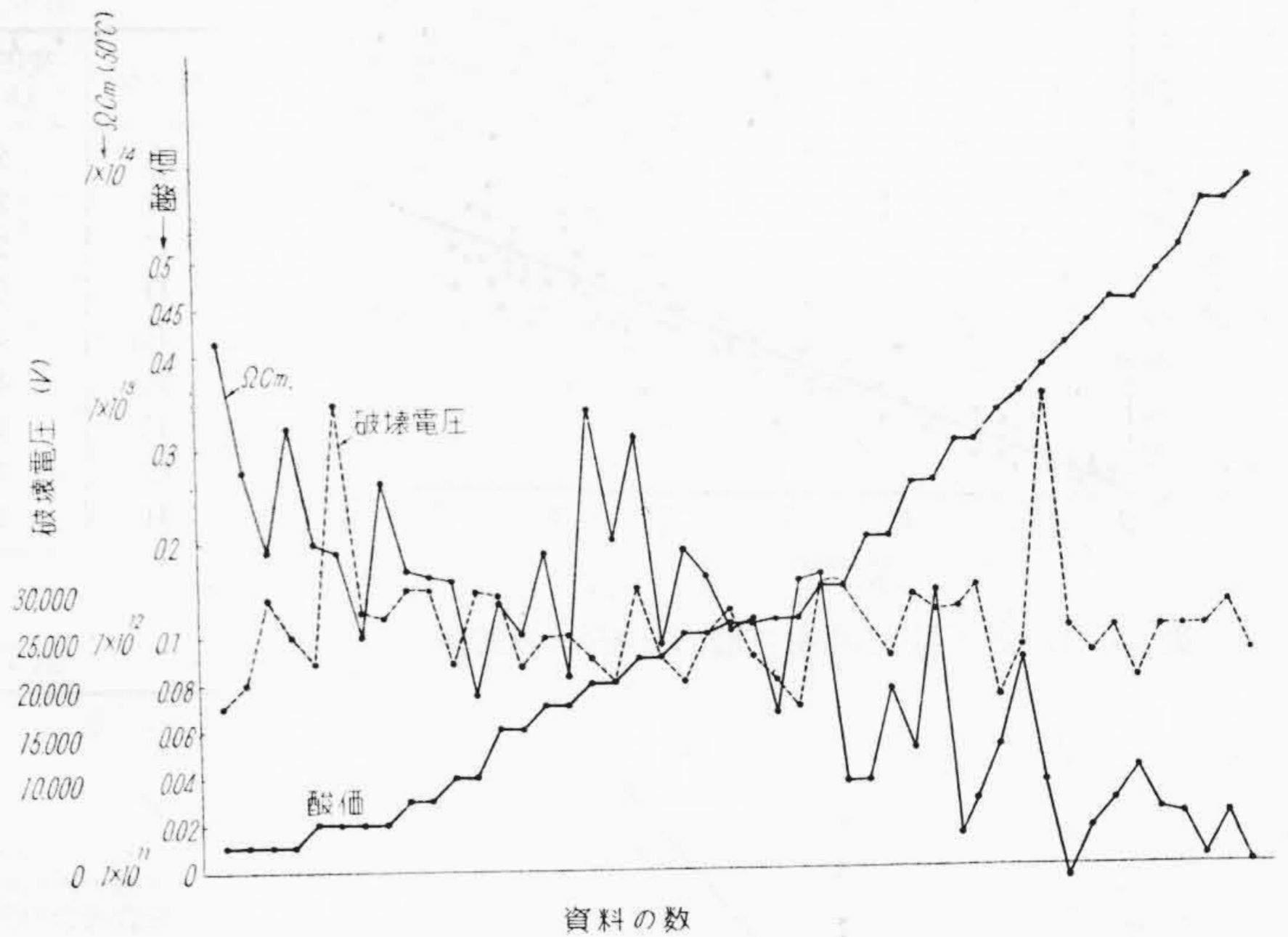
調比装置には第12図に示すドラム型と第13図に示すクリップ型の2種類がある。いずれも固定接触子と可動接触子との接触状況を何回も切換えて点検する。またベークライト板、絶縁筒などについては損傷の有無についてよく点検する。

(e) 絶縁物について

劣化の状態をよく調査する。

(f) その他

スラッジ発生状態をよく調査する。電氣的接続および接触部分などに部分的にスラッジが附着する



第14図 絶縁油の酸価、絶縁抵抗、破壊電圧の関係

ような場合は、電氣的接触の状態が悪いためである。

以上調査の結果、良好な場合はよく清掃（綺麗な油で流し洗いをすると良い）してそのまま再使用する。長年使用した変圧器の絶縁物類は劣化して脆くなっているから、取扱いは慎重に行わねばならない。

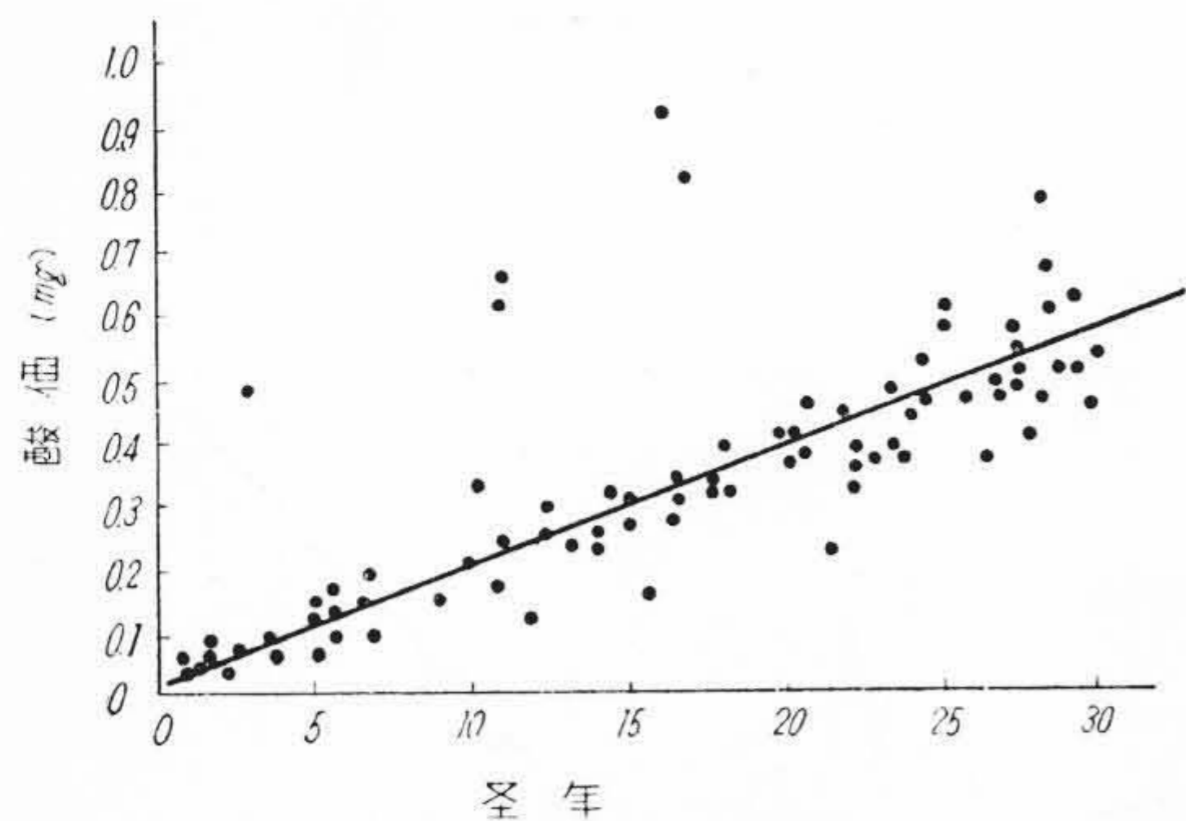
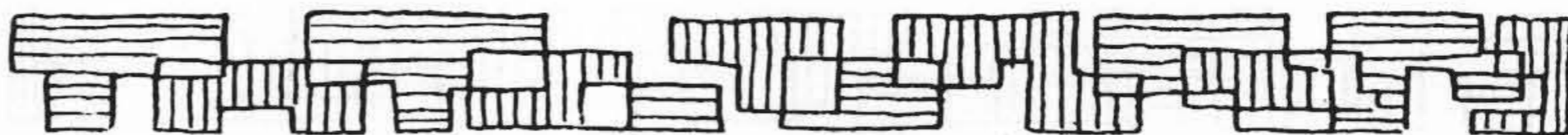
〔IV〕 絶縁油の保守について

絶縁油の劣化問題は近年研究が盛になり、保守についてもすでに各方面から有益なる論文が多数発表されており、コイルやブッシングは絶縁油の保守いかに強く左右されるともいいうる。

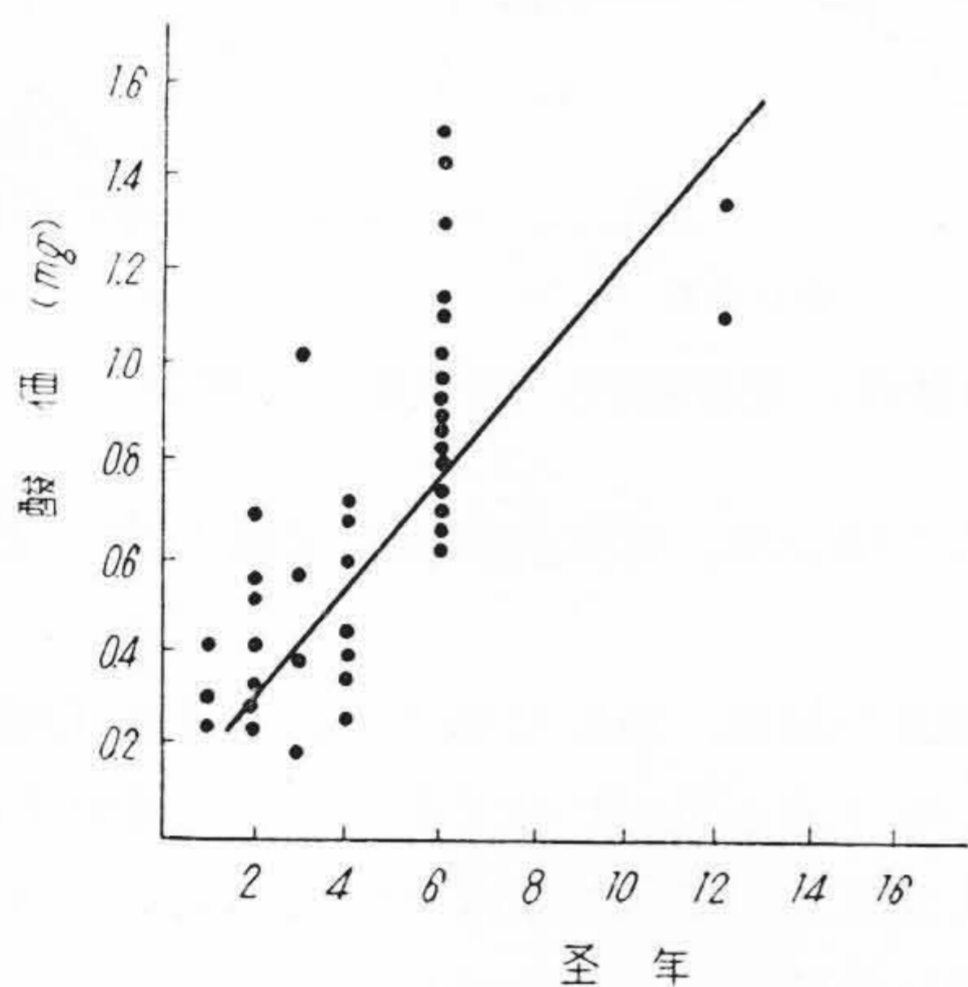
絶縁油は使用中に次第に劣化する。劣化は空気中の水分の吸収や不純物の混入にも原因するが、最大要因は酸化現象である。すなわち空気中の酸素を次第に吸収し、一部はこれと化学的に結合（酸化）し、水、炭酸ガス、有機酸などを生成する。このほか分解重合などの化学反応を生じ油に溶けにくい物質を生じタンク内壁や底部に沈積するようになる。この状態の物質がスラッジと呼ばれるものである。このほか外観的に誰もが気がつくことは色の変化であろう。淡黄色の透明な油が数年後には淡赤色となり、赤褐色となつてやがてスラッジが沈澱し、なお酸化が進めば黒色となる。

スラッジについては前にも述べたごとく、絶縁物の吸湿を助長し、またコイルのダクトを埋めて油の流通を妨害し冷却作用をさまたげる一方、コイル間を橋絡して絶縁強度を低下させる悪影響がある。

変圧器において同一負荷の場合、スラッジを発生するまでの期間は、普通の油を使用してつぎのように推定さ



第15図 変圧器使用油の酸価と経年の関係



第16図 ブッシング使用油の酸価と経年の関係

れている⁽⁵⁾。

- 開放型変圧器..... 1.5年
- コンサーベータ型変圧器..... 4~7年
- 密封型変圧器..... 50年
- 窒素封入型変圧器..... 67年

この数字からみると旧型の変圧器では1.5~7年位ということになるが、負荷の状態、使用条件などによつて変わるとはいえ一つの指針となろう。

(1) 劣化の判定

油の劣化度をいかなる特性値で判定し、その使用の可否を決定するかは重要な問題である。以前は劣化の判定に油の絶縁破壊電圧の測定のみが実施されていたが、近年酸価も測定することが実施され、良否判定の一つの基準となつている。この二者以外の判定方法として、色調、スラッジの量、界面張力、絶縁抵抗、損失角などがあげられる。できうればこれらの諸項目すべてについてそれぞれ測定することが望ましいが、大変面倒である。

(2) 酸価と絶縁抵抗、破壊電圧の関係

永池氏によれば⁽⁶⁾、絶縁油の酸価と絶縁抵抗、破壊電圧の三者の関係は第14図のごとくなる。酸価と絶縁抵抗は相反する関係にあり、破壊電圧値は両者にはほとんど

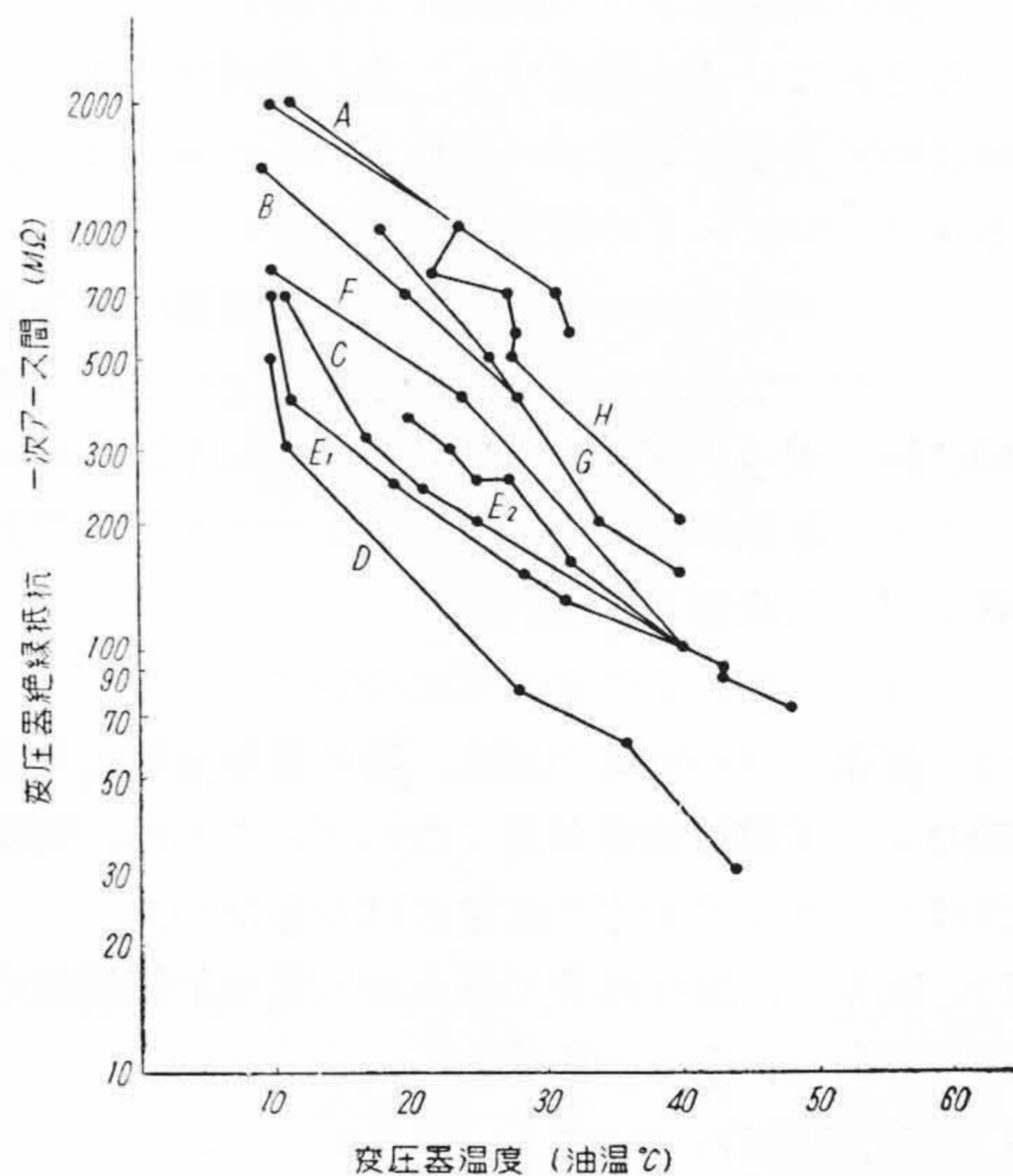
第6表 変圧器使用油の絶縁抵抗

種別	変圧器容量 (kVA)	油酸価 (mg)	油絶縁抵抗 (Ω-cm)	変圧器経年 (年)
A	2,000	0.03	7×10^{12}	3
B	2,000	0.14	1×10^{12}	7
C	2,000	0.1	2×10^{11}	3
D	6,000	0.55	1×10^{11}	20
E ₁	4,000	0.29	4×10^{11}	21
E ₂	4,000	0.29	6×10^{11}	21
F	1,000	0.24	1×10^{12}	33
G	1,000	0.15	2×10^{12}	11
H	1,000	0.08	1×10^{12}	5

第7表 絶縁油再生基準

処 理 基 準	酸 価
新 油	0.02
機器の不良の場合、または運営および予算上、可能な場合の再生または取換え限度	0.2
予算および運営都合つき次第再生または取換えるべき限度	0.21~0.49
早急に再生または新油に取換えねばならぬ限度	0.5

注： アルカリ試験結果が中量または多量のときは、酸価が低くとも再生または取換えを要す。



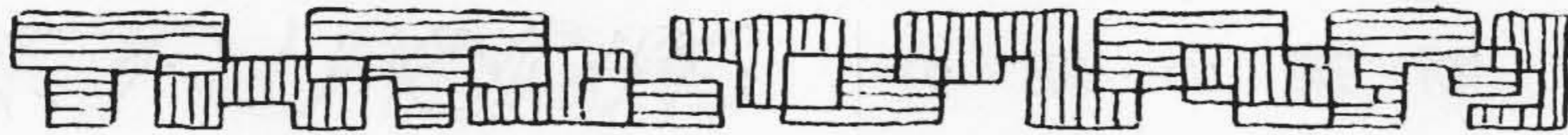
第17図 変圧器絶縁抵抗温度特性曲線

ど無関係であることがわかる。

したがって従来から行われていた破壊電圧測定だけでは、経年的な劣化の判定は困難である。絶縁油の保守に当つては是非とも酸価および絶縁抵抗の測定を実施し、経年的に記録を管理されるよう御薦めする。

(3) 酸価と経年の関係

永野氏は酸価の経年変化に対し第15,16図のごとく発表している⁽⁷⁾。これを見ると酸価は変圧器においては、



年に 0.02 程度の増加速度を有している。一方ブッシングは、変圧器に比較してはるかに大きく、1年に約 0.1 に近い速度である。このことから前述のごとくブッシング内部は比較的速くスラッジが沈積することも頷ける。

(4) 絶縁油の絶縁抵抗と変圧器の絶縁抵抗の関係

森氏は両者の関係について第 6 表および第 17 図のごとく発表している⁽⁸⁾。表および図からわかるごとく、油絶縁抵抗の高い A, B, F, G, Hなどは変圧器としての絶縁抵抗もほかのものに比較して高くでている。したがって変圧器の絶縁抵抗は絶縁油のそれにより左右されることはあきらかである。

(5) 判定基準

電力研究所は酸価の基準値を第 7 表のごとく定めているので⁽⁹⁾、参考までに示す。表では限度を 0.5 と定めてあるが、最近では 0.3 とすべきであるという説が多く、現に 0.3 を基準として実施されている向きもある。また破壊電圧は前述のごとく酸価、絶縁抵抗の変化にはあまり関係を有しない。しかしながら水分の混入せる場合については急激に低下する。JIS 規格 (JIS-C 2320) で標準間隙 (12.5mm 径球, 2.5mm 間隙) で 30,000V が基準とされている。

(6) 不良絶縁油の処置

酸価測定の結果規定値を超過し、またスラッジの成生

が多い場合は劣化油として取扱い、新油と交換するか、再生することになるが、再生方法は機械的方法、吸着剤を使用する方法、化学的処理法、蒸溜法、電気的方法あるいはこれらの方法の併用など種々あるが、それぞれ劣化の程度に応じて考慮されるべきであろう。

また破壊電圧 30,000V 以下の場合は濾過されたい。油の濾過は周知の通りフィルタに良質の濾過紙を使用し、変圧器の上部と下部の濾過用バルブに導油管を接続し、循環によつて行う。この際点検の項で述べたごとく、コンサーベータ内の油は本体の油より劣化がはなはだしい心配があるから、両者の油は別個に濾過して劣化油をタンク内に流し込まぬよう注意することが肝心である。濾過作業を行う場合は、変圧器を線路から切離すことが安全の見地からいつて望ましい。通電中油を濾過することは気泡が油中に混入し、絶縁破壊を起す恐れがあるからである。破壊電圧 30,000V 以上になつたら作業を止める。この場合濾過後も気泡は残存するゆえ、数時間放置した後、通電することが安全である。

止むなく通電中濾過作業を行うためには、濾過機と直列に脱泡装置を付けると共に、濾過機全体を真空槽の中で操作する特殊構造となすべきである。

以下次号につづく



新案の紹介



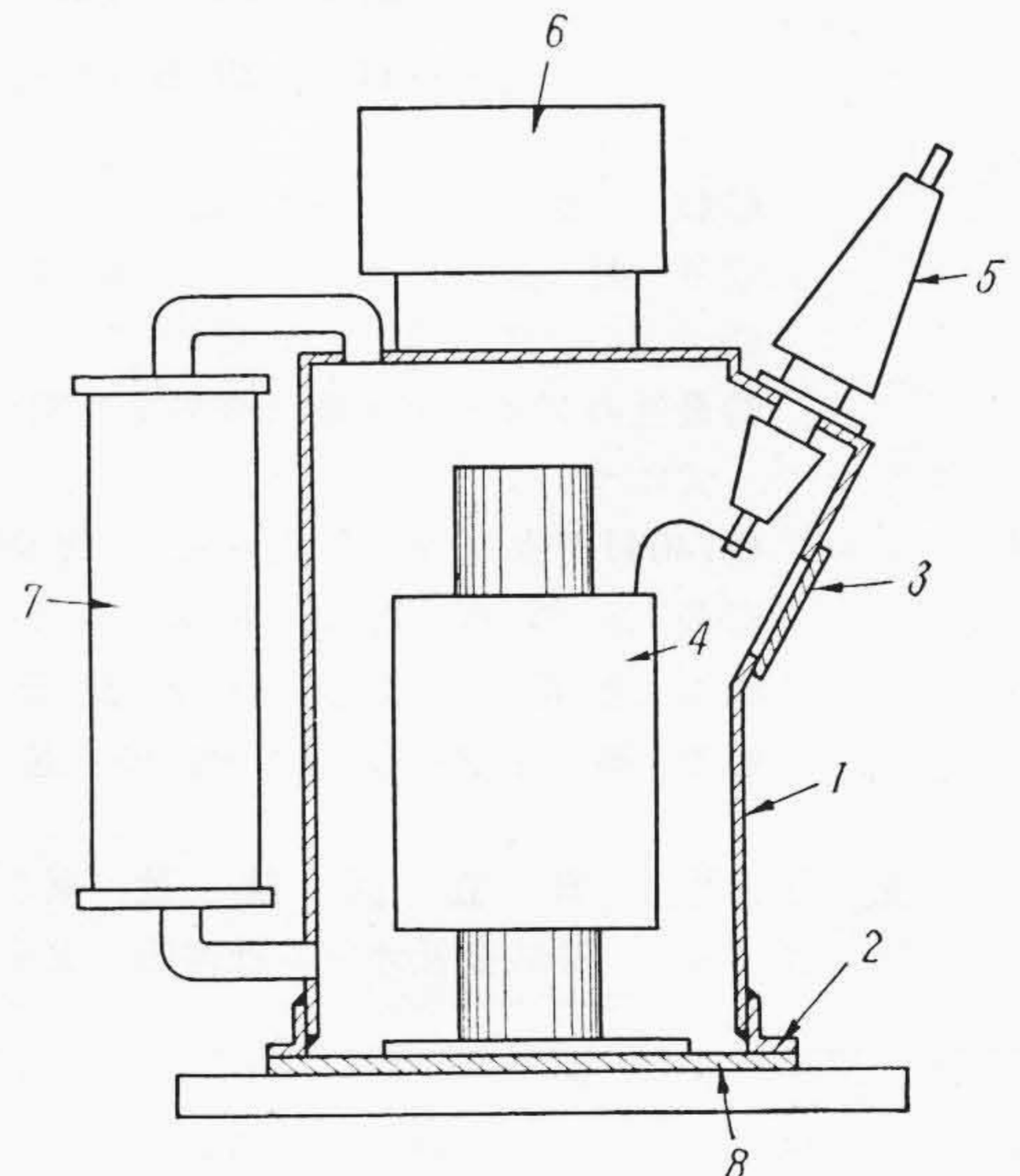
実用新案第 449440 号

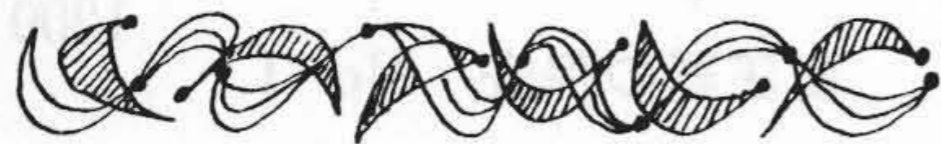
渡辺政己

放熱器付変圧器

図において 1 は油槽、2 は油槽の下端に設けたフランジ、3 はハンドホールカバー、4 は中身、5 は端子套管、6 はコンサーベータ、7 は放熱器、8 は油槽 1 の底蓋である。従来油入変圧器は有底油槽を使用し、油槽上部に蓋を施した構造であるため、変圧器の中身点検の際は、蓋を開いて中身を油槽の外部に吊出していた。しかるに本案においては、油槽 1 を鐘状としてその下端に接合用フランジ 2 を設け、底蓋 8 上に中身 4 を組立てた後、油槽 1 を中身の上方より被せ、フランジ 2 を底蓋 8 に油密に締着し、ハンドホールより手を入れて端子套管 5 と中身 4 のリード線とを接続し、カバー 3 を施した後、油槽 1 内に注油するにしたものである。

この構造によれば、中身点検の際は、油槽中の油を抜き出し、ハンドホールカバー 3 を開いて、リード線の接続をはずした後、フランジ 2 と底蓋 8 との締着をとき、油槽 1 を吊上げて中身を露出し、点検修理を行うことができる。一般に中身の重量に比し、油槽は放熱器 7、コンサーベータ 6、端子套管 5 を取付けたままでも軽量であるため、大容量の起重機を必要とせず作業を行い得る効果がある。
(滑川)



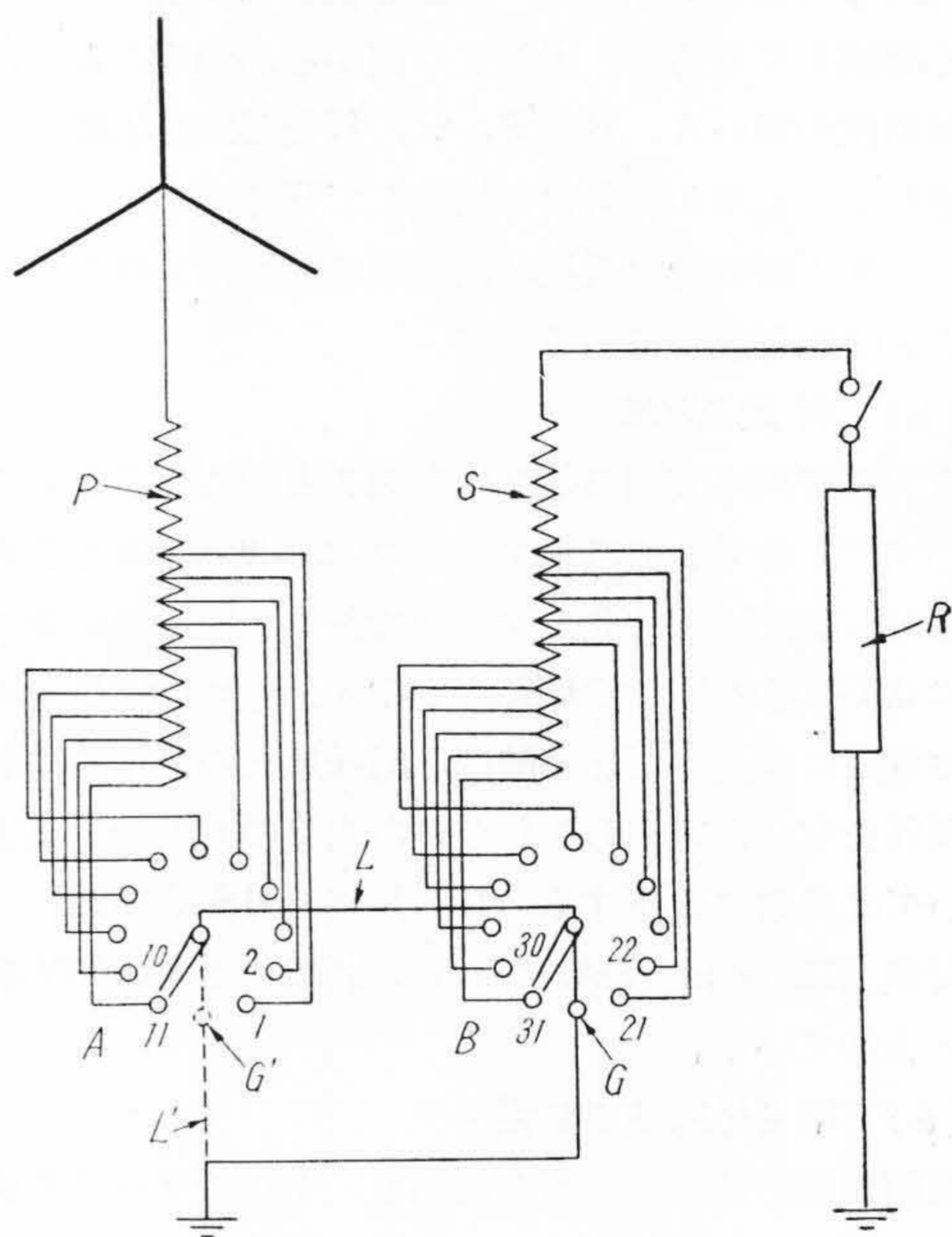


消弧線輪用調比装置

消弧線輪の動作時に、二次巻線Sに接地抵抗Rを挿入して選択遮断を行う場合、消弧線輪巻線Pおよび二次巻線Sのタップを適当に切換えるのであるが、一般に消弧線輪のタップ範囲は広くかつ送電電圧高きため、タップ切換器の両端のタップ間には特に大きな電位差を生じ、絶縁構造が困難となる。すなわち従来のタップ切換器A、Bは各タップの端子が円周上に配列された構造であり、図に点線で示すようにそれぞれ両端端子1、11および21、31間に接地端子G、G'を有し、端子G'は点線で示す線L'により、端子Gは実線で示すように、それぞれ接地されていたため、特に高圧側タップ切換器Aにおいては、図のように切換双が端子11上にあるとき、端子1とG'との間に大なる電位差を生じ、また切換双が端子1上にあるときは、11-G'間に大なる電位差を生ずる。

本案はこの点にかんがみ、図面に示すように、巻線P側のタップ切換器AにおけるG'端子および接地線L'を廃し、切換双を線Lをもつてタップ切換器Bの切換双につなぎ、この切換双を介してB側のG端子に接続してなるものである。二次巻線Sは巻線Pに比し電圧が低いため、タップ切換器BにG端子をおいても、隣接端子21または31との間の電位差は小さいから絶縁の困難を生ずることはない。

本案によれば、従来最も困難とされた消弧線輪巻線P側タップ切換器Aの両端端子1-G'間および11-G'間の絶縁を、G'端子を廃することにより、端子1-11の絶縁を考慮すればよくなり、端子1-11間の絶縁距離は、ほかの端子間の二倍であるから、絶縁はきわめて容易となるの效果がある。
(滑川)



日立評論 別冊特集号 No. 20 車輛特集号

—11月20日発行予定— (1部 定価 100円)

- ◎最近の鉄道車輛
- ◎单相商用波交流電気車
- ◎ディーゼル電気機関車について
- ◎最近のディーゼル電気機関車の制御方式について
- ◎740 HP 液圧式ディーゼル機関車
- ◎最近の軽量電車について
- ◎高速電車の発達と比出力
- ◎車輛用軽電動機の進歩

- ◎直流電気車輛における制御装置の進歩
- ◎高速台車
- ◎弾性車輪の疲労強度について
- ◎走行車輛の振動解析について(第3報)
- ◎車輛の照明
- ◎大物車について
- ◎日立コンクリートトランスファーカー
- ◎輸出客電車

発行所 日立評論社 東京都代田区丸千ノ内1丁目4番地 振替口座東京 71824 番
 取次店 株式会社オーム社書店 東京都千代田区神田錦町3丁目1番地 振替口座東京 20018 番