

変圧器の保守〔2〕

Conservation of Transformer

寺島 菊二* 富安 洋夫*
Kikuji Terashima Hiroo Tomiyasu

(前号より続く)

〔V〕 絶縁劣化の検出について

絶縁劣化の検出には、メガーによる絶縁抵抗の測定が行われている。これは測定が簡易なことから普及されてきた。近年にはこれに加えて誘電正切($\tan \delta$)の測定が採用されている。このほかコロナ放電検出法、高圧交流法、高圧直流法、直流分法など種々の方法があり、結果についても発表されているが^(10,11)、絶縁抵抗測定、測定 $\tan \delta$ 以外は測定がやつかいなことが、基準となる数値が明かでないこと、現場向きでないところからあまり普及されていない。しかし種々の検出方法を併用して比較検討し、正確に劣化の傾向を知ることが望ましい。

(1) 絶縁抵抗測定

メガーによる絶縁抵抗測定はその発生電圧が 1,000~2,000 V 程度のため、高圧機器に対しては弱点部および空隙部などの検出または劣化程度を明確に把握できないというきらいはあるが、現場においては一番手軽に行うことができる。電圧は近年 6~10 kV および 75 kV 位までの高電圧の測定器が製作されているが、一般にはまだ普及していない。

絶縁抵抗は吸湿には非常に敏感であり、吸湿量の多少を表わすといつても過言ではない。また温度によっても変化し、一般に温度が上昇すると抵抗値は低下する。これは温度の上昇によりイオン通電がしやすくなるためといわれており、湿度の大なるもの程この傾向は大きくなる。

森氏は絶縁油の不良によりコイルの絶縁劣化をきたし、事故を起したと思われる変圧器の事故前の絶縁抵抗値がどのくらいあつたかを調査された結果、絶縁劣化により変圧器が事故を起す場合は、その大部分が 300~100 M Ω (at 30°C) で、変圧器の絶縁抵抗値が 300 M Ω (at 30°C) 以下になれば事故を起す確率が非常に高くな

るから注意を要すると報告している⁽⁸⁾。

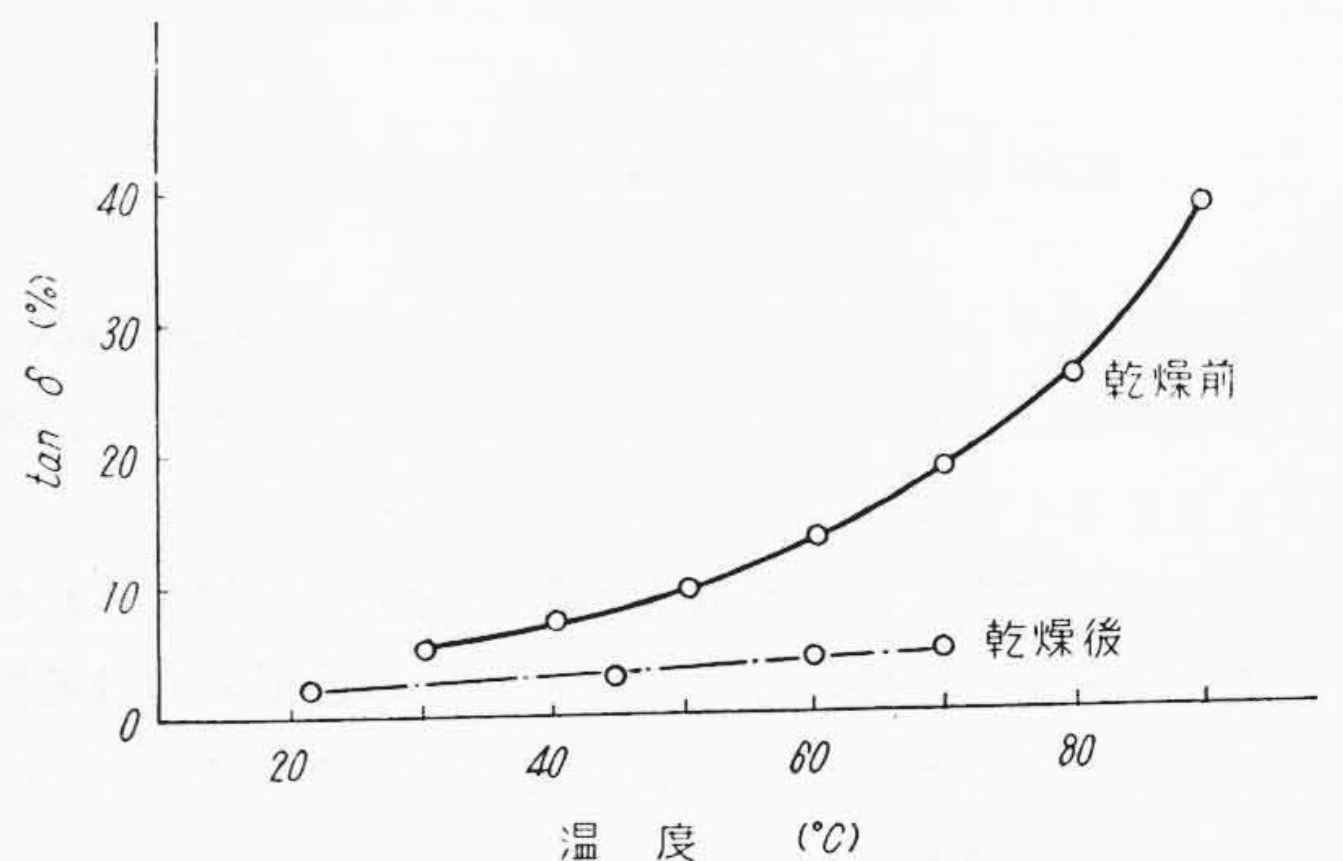
絶縁抵抗を測定するにあつては測定結果はただ記録するだけでなく、統計的に管理し、管理図表として整理し、測定のたびごとに打点してゆくと保守上きわめて有効である。もし異常があれば(異常に高く出たり、低く出た場合)測定上の誤差か、変圧器自体に異常をきたしているかの判断の一助とすることができる。

現地調査の結果によれば、変圧器単独の絶縁抵抗を測定されている場合はきわめて少なく、高低圧それぞれに接続されている油入遮断器、母線などを含めた絶縁抵抗が記録されていることが多い。これでは機器の保守の点からは完全とはいえない。

(2) $\tan \delta$ の測定

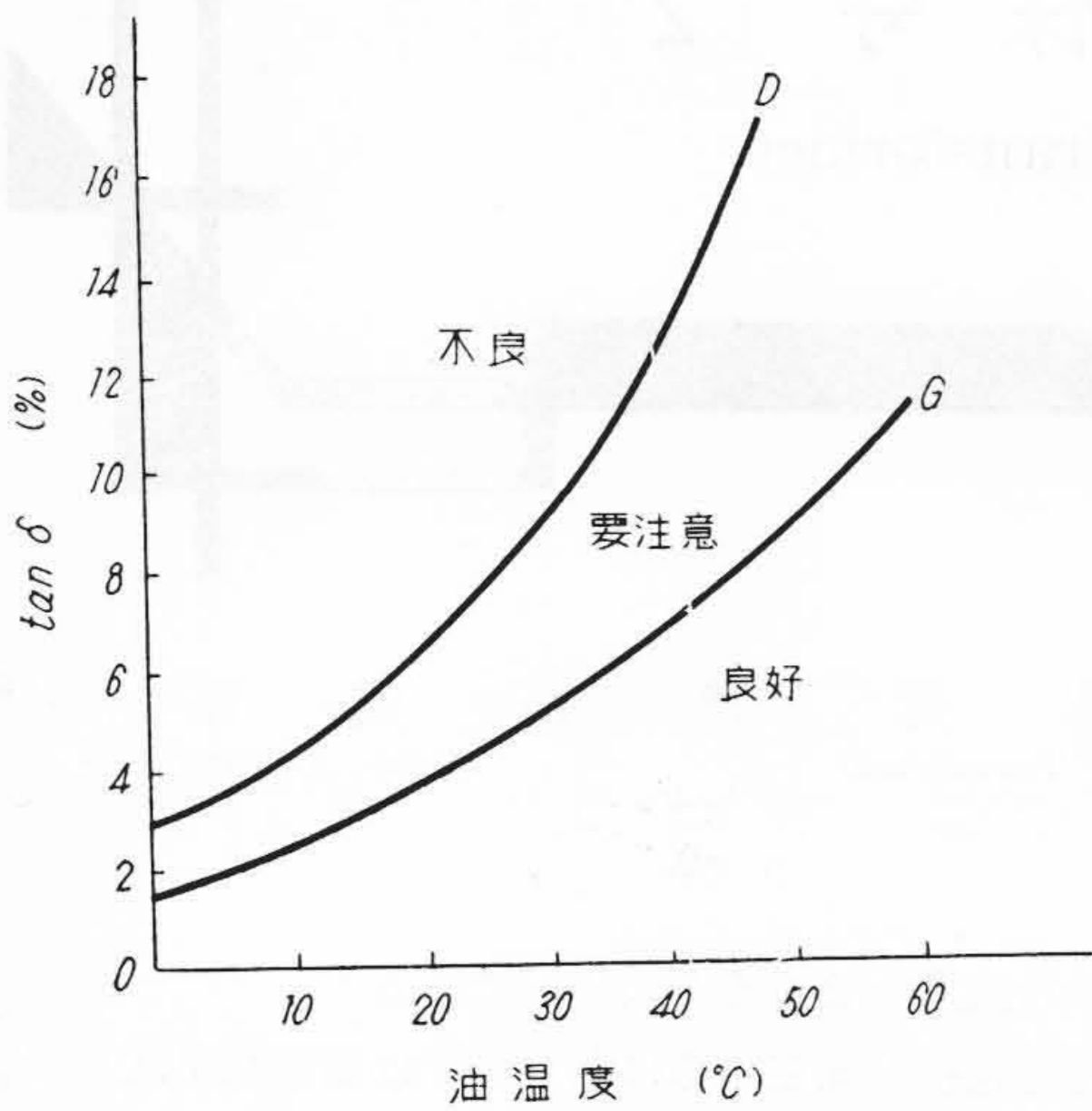
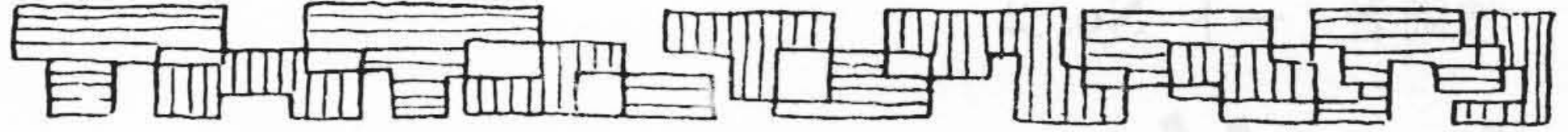
$\tan \delta$ の測定はアメリカにおいて、すでに20年位前から行われており、変圧器、ブッシングなどの事故減少に多大の効果をあげたという。測定結果に対する判定基準も各電力会社が独自の値を有しているが、わが国においてはまだ資料不足でそれまでには至っていない。

$\tan \delta$ の値は絶縁物の材質、介在するほかの物質によつて変化するので、絶対値のみで判断するのは早計であり、その変化に注意すべきである。一般に $\tan \delta$ の値は温度、湿度、測定電圧によつて変化し、温度の上昇、吸湿

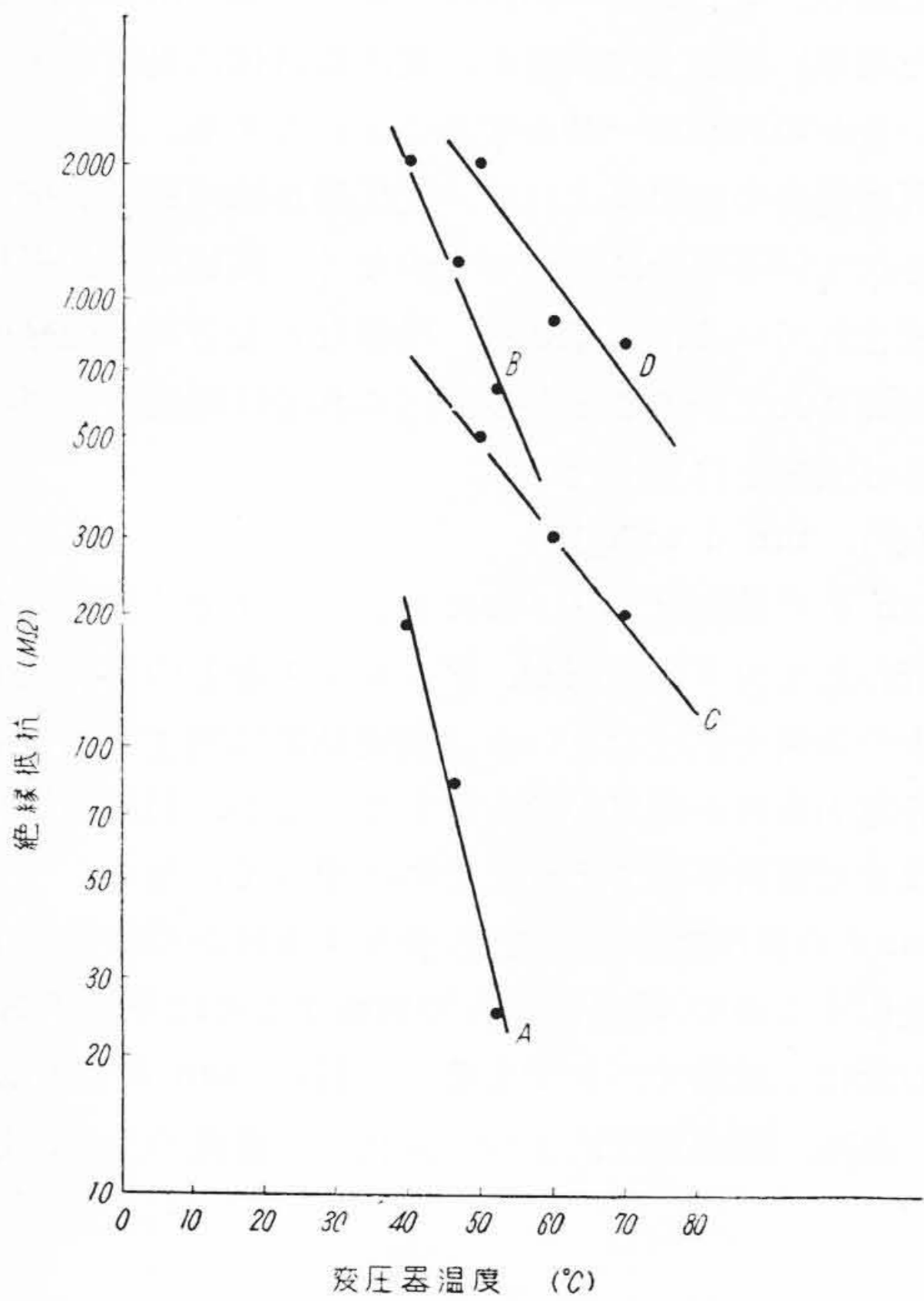


第18図 $\tan \delta$ 温度特性曲線

* 日立製作所日立国分工場



第19図 Gross 氏の判定基準曲線

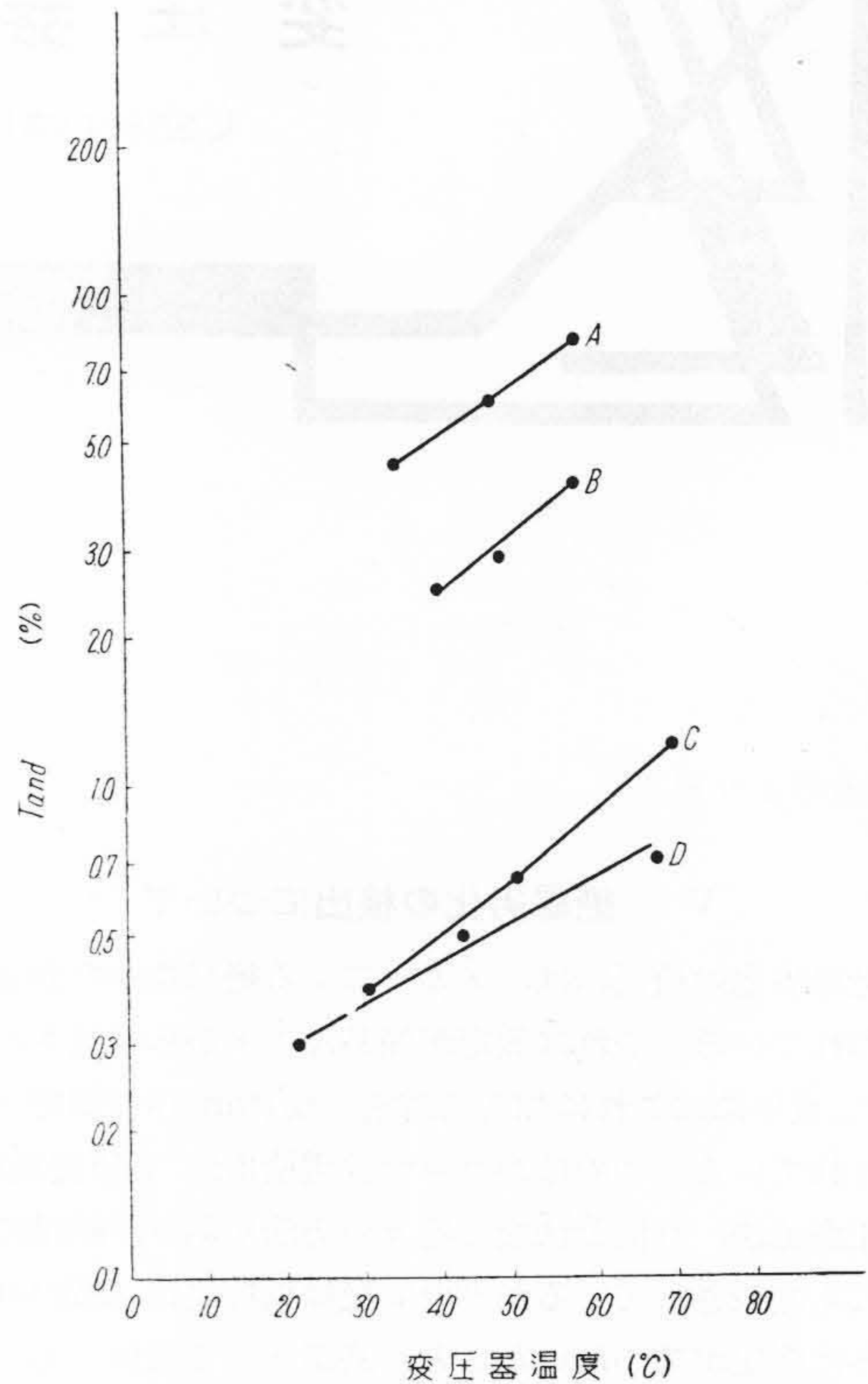


第20図 変圧器絶縁抵抗温度特性曲線

と共に増大する。測定電圧が高くなる程一般的には、 $\tan \delta$ が増加するが、劣化しているものはイオン化点電圧を過ぎると急増する傾向があるといわれている。

測定の結果大きな $\tan \delta$ を示した変圧器も油を入れ替え乾燥するとその値は小さくなり、その前後における温度特性は第18図のごとく高温度において顕著に表われることが報告されている。

このように $\tan \delta$ の測定結果は、単に一点の測定結果



第21図 変圧器 $\tan \delta$ 温度特性曲線

からでなく温度特性の勾配が重要なことであり、広く知られている I. W. Gross 氏の曲線は温度特性を基にして定められている⁽¹²⁾。わが国においてはまだ独自の値は無く上記 Gross 氏の曲線を採用しているので第19図に示す。

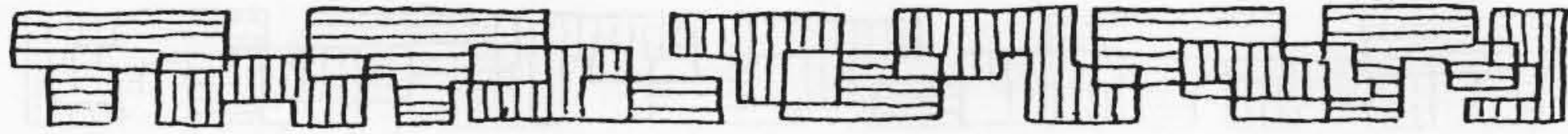
図から明かなごとく3段階にわけ、G線から下であれば良好、G線とD線の間は要注意、D線から上は不良と判定する。ブッシングについても温度20°Cにおいて油入型については77 kV以上のものは0~3.5%、100~161 kV級のものは0~3.0%が良好で、不良とされるものは、両者とも5%以上と一応判定の基準が定められている。

(3) 絶縁抵抗と $\tan \delta$ の関係

絶縁抵抗と $\tan \delta$ の関係については、現在のところ明確には把握されていないが、高木氏が発表⁽³⁾している資料を参考までに第20, 21図に示す。これによると両者の傾向は同一である。すなわち絶縁抵抗値の低いものは $\tan \delta$ の値は大きく出る傾向がある。

(4) 測定後不良の場合の処置

絶縁抵抗および $\tan \delta$ 測定の結果、不良と判定された場合は、まず原因が変圧器にあるか、ブッシングにあるかを調べる。変圧器にある場合は、一応油の濾過を行い



第8表 温度上昇の限度 (JEC-120)

項	機器の部分	温度測定法	温度上昇限度 (°C)	
			A種絶縁	B種絶縁
1	乾式, 自冷式巻線	抵抗法	55	75
		温度計法	50	70
2	乾式風冷式巻線	抵抗法	55	75
3	油入自冷式, 油入風冷式および油入水冷式巻線	抵抗法	55	
4	送油自冷式, 送油風冷式および送油水冷式巻線	抵抗法	60	
5	油	温度計法	50	

再測定し、まだ良くならぬ場合は絶縁油を新油と交換することも必要であり、また巻線および絶縁物の乾燥を行う必要も生ずる。絶縁抵抗の低い変圧器の絶縁油を新油と交換しただけで、絶縁抵抗は数倍から10倍程度に増加し、この傾向は値の低いもの程顕著に現われる。tan δについても第18図に示したごとく大幅な減少を示すのが普通である。ブッシングについても同様のことがいえるのは勿論である。

〔VI〕 過負荷運転について

変圧器に一時的あるいは長期間にわたり過負荷を掛けねばならぬことが生じた場合、過負荷が可能か否かという問題は、最近のように電力負荷の需要が増大している時はことさらに大きな問題であろう。

過負荷するときは巻線の温度が高くなり、寿命にも関係するから、できるだけ避けることが望ましいが、やむを得ぬ場合は試験記録をよく検討して合理的に過負荷することが変圧器の保守にあたつても必要なことである。

JEC-120において変圧器の温度上昇の限度は第8表のごとく定められている。表中の項目1~3の油自然循環式では巻線の温度上昇を抵抗法で55°Cと押え、周囲温度の最高を45°Cと定めている。したがつてコイルの温度としては

$$40^{\circ}\text{C} + 55^{\circ}\text{C} = 95^{\circ}\text{C}$$

となるが、コイルの温度上昇55°Cは平均値であり、コイル内部の最高温度は平均温度よりも10°C高いと考えられている。したがつてコイルの最高温度は

$$95^{\circ}\text{C} + 10^{\circ}\text{C} = 105^{\circ}\text{C}$$

となる。A種絶縁物(紙, 綿, 油性ワニスなど)は105°C以上となると急速に熱劣化をするため上記の温度が規定されたものである。なお絶縁油も温度が高くなると酸価やスラッジが急に増加して劣化する。

一般に V. M. Montsinger 氏の 8°C 法則⁽¹⁵⁾はA種絶

第9表 コイルの温度上昇低い場合の過負荷の割合 (ASAC 57-32-1948)

冷却方式	1°C ごとの過負荷の割合 (%)
自冷式	1.0
水冷式	1.0
送油式	0.75
風冷式	0.75

縁物で実験されたもので、使用温度90°C以上の場合は、温度 8°C 上るごとにその劣化は倍加するという法則であり、次式で表わされる。

$$Y = 7.15 \times 10^4 e^{-0.088x}$$

Y: 寿命 (年)

x: 使用温度

これに温度の数値を代入すれば100°Cでは11年、105°Cでは7年、110°Cでは4.5年という値になる。

したがつて過負荷運転にあつては、105°C 以下に押えることが望ましく、工場試験結果および諸条件を参照の上、次に示す各条件の下で過負荷運転は許されるべきである。

- (1) 巻線の温度上昇に余裕のある場合
- (2) 周囲温度あるいは冷却水の温度が最高規定値(自冷式40°C, 水冷式25°C) からはるかに低い場合
- (3) 短時間の過負荷の場合

以下各項目について概略を述べる。

- (1) 巻線の温度上昇に余裕のある場合

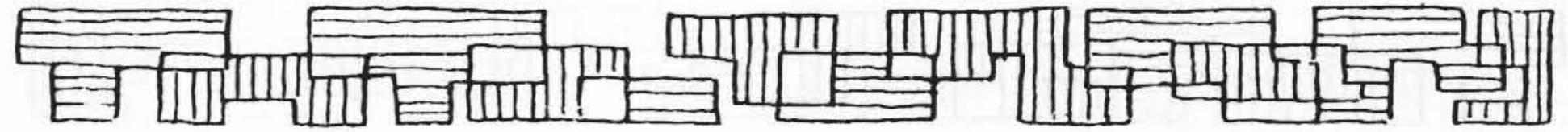
工場試験記録を基にして検討することであるが、ASA規格 (ASA, C 57-37-1948) によれば次のごとく定められている。すなわちコイルの温度上昇の実測値が規定値より2°C以上低い場合は各1°Cごとに自冷式および水冷式では1%, 送油式および風冷式では0.75% 過負荷できる。これを表にまとめると第9表のごとくなる。

第10表 わが国における周囲温度 (夏季)

場所	最高温度 (°C)	24時間平均温度の最高温度 (°C)
屋外	35~40	27~34
	平均 36.0	平均 30.2
屋内	34~40	30~35
	(全数の 91% 最高)	(全数の 59% 最高)

第11表 周囲温度による過負荷の割合 (ASAC 57-32-1948)

冷却方式	定格出力の増加 (%)	
	周囲温度が基準温度よりも高い場合 1°C に対し	周囲温度が基準温度よりも低い場合 1°C に対し
自冷式	-1.5	+1.0
水冷式	-1.5	+1.0
送油式	-1.0	+0.75
風冷式	-1.0	+0.75



わが国では巻線温度上昇に余裕ある場合についての規定はない。

(2) 周囲温度あるいは冷却水温度が低い場合

周囲温度低下による過負荷は一般に実施されており、もつとも重要な問題であろう。JEC-120では最高規定値が自冷式40°C、水冷式25°Cと決められているが、ASA規格では自冷式の場合、1日の平均温度が30°Cでいかなる場合も40°Cを越えぬこと、また水冷式の場合は1日の平均水温が25°Cでいかなる場合も30°Cを越えぬことと規定されている。

わが国における周囲温度は三電打合会で調査し、第10表のように発表されている⁽¹⁷⁾。

この表からわかるように最高温度は40°C以内で平均温度は屋外30°C屋内30~35°C以内である。この調査結果よりASA規格をそのまま採用してもさしつかえないようである。

ASAでは冷却媒体が空気の場合には、30°C、水の場合には25°Cより低い場合、その温度差1°Cごとに自冷式では1%、送油式と風冷式では0.75%の過負荷を許し、反対にこれより高い場合には1°Cごとに自冷式と水冷式では1.5%送油式と風冷式では1%の負荷を減ずると規定している。これを表にまとめると第11表のごとくである。

またJEC-36附録によると「冷却媒体の温度と出力に関する参考事項」として次のように示されている。

冷却媒体の温度が常規温度より低い場合にはJEC-36の規定による変圧器の定格出力を超過する負荷で使用する時には次の考慮を要する。

(A) 巻線温度計を備えない場合

冷却空気温度30°C、冷却水温度25°C以下の場合には出力はその温度差1°Cごとに1%ずつ増加して連続使用することができる。

たとえば冷却媒体の温度が0°Cの場合には、空冷式では定格容量の130%、水冷式では125%で連続使用しうる。ただし冷却媒体の温度が0°C以下となつても、空冷式130%、水冷式に125%以上の負荷を課してはならない。

周囲温度0°C以下になると油の粘度が増大し、循環作用が緩慢となつて線輪最高温度と油平均温度との差が大きくなり危険を伴うので、過負荷は許されていない。

巻線温度計を備えている場合下記のごとく定められているが、一般に変圧器に使用されている温度計(丸型温度計、サーコイル)は油の最高温度を読む位置に取付けられてあり、巻線の温度を読み取るようにはなっていないから参考程度に止まる。

(B) 巻線温度計を備えている場合

第12表 短時間許容過負荷 (ASAC 57-32-1948)

冷却方式	自冷式および水冷式			自冷式の133%以下の出力を有する風冷式			送油式及び自冷式133%の以上の出力を有する風冷式		
	90	70	50	90	70	50	90	70	50
頭初負荷時間 (h)									
0.5	1.59	1.77	1.89	1.45	1.58	1.68	1.36	1.47	1.50
1	1.40	1.54	1.60	1.31	1.38	1.50	1.24	1.31	1.34
2	1.24	1.33	1.37	1.19	1.23	1.26	1.14	1.18	1.21
3	1.12	1.17	1.19	1.11	1.13	1.15	1.09	1.10	1.10
4	1.06	1.08	1.08	1.06	1.07	1.07	1.05	1.06	1.06

第13表 負荷率を基準とする許容過負荷 (ASAC 57-32-1948)

冷却方式	(%) 増加	最大増加 (%)
自冷式	0.5	25
水冷式	0.5	25
風冷式	0.4	20
送油式	0.4	20

(A)によるほか、温度計の指示する巻線温度が最高温度部分の温度を指示するように目盛した温度計では95°C、埋込型温度計では90°Cを超過しない範囲内の過負荷を連続負荷できる。

そのほか、戦時暫定規格、いわゆるZ規格による自冷式変圧器を周囲温度の低下した場合過負荷するのに対しては、昭和19年、電気協同研究会が発表した推奨案が妥当であろう。すなわち

冷却空気温度が35°C以下25°Cまでは過負荷を課してはいけない。25°C以下に低下した場合には、出力はその温度差1°Cごとに定格容量の0.8%ずつ増加して連続使用可能である。

たとえば周囲温度0°Cの場合定格容量の120%で連続使用することができる。ただし周囲温度が0°C以下の場合でも120%以上の負荷を課してはならないことは、前述JEC-36のところで述べた通りである。

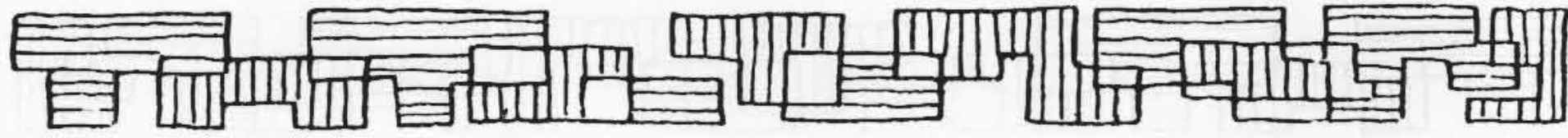
水冷式の場合についても25°Cを基準として同じ方法で過負荷することができる。

(3) 短時間の過負荷の場合

一般に時間が短かければ、ある程度過負荷を課することができるものであり、ASAC 57-37-1948 附表 32015 (e)では第12表に示す倍数を24時間に1回許している。

わが国においては、JEC そのほかでまだ短時間過負荷の規格はないが、前に周囲温度の所で述べたごとく本表をそのまま使用してさしつかえない。

以上述べた3項目のほか、負荷率(ある期間内の平均負荷と尖頭負荷との比率)が100%より低い場合について過負荷しうる割合をASA 附表 32015 (d)に示されているので第13表に示す。これは24時間を越えない時間中の負荷率が100%よりも低い場合、各1%ごとに自冷式と



水冷式では0.5%、風冷式と送油式では0.4%の過負荷を許し、最大はそれぞれ25%および20%までとするということである。

(4) 過負荷運転と補助冷却装置

変圧器の過負荷運転に際しことに長期間にわたつて過負荷を続ける場合は冷却方法あるいは冷却装置を変更することが必要で、補助冷却装置を使用することにより温度上昇を抑制し寿命の点においても良結果となる。

(A) 自冷式の場合

(a) 冷却扇を附して放熱器に風を吹きつける方法が良く行われているが、冷却扇の位置、設置方法、風の導き方などによつて、同一の冷却扇を設けても著しく効果が異なるから、あらかじめ製造者と打合せの上実施するのが良策である。放熱器に風を導びく風胴を取付けて風を効果的に導入することが必要で、かつ中心より上部の高温部に強く吹きつけることが効果的である。この場合合理的に行うことにより10~25%程度容量を増加することができる。

(b) 別に冷却器を並置する方法

(c) 放熱器にシャワーまたは噴霧状の水を掛ける方法：この方法は油の最高温度上昇を約30%程度低くすることができ、定格出力の約150%程度の過負荷を課することができるが、水の当る放熱器が発錆する心配があること、また噴霧孔が塵やそのほかで目詰りするなどのことから保守上厄介であり長期間この方法を採用することは不可である。

(B) 水冷式の場合

水圧を上げて水量を増す方法：この場合は同一負荷で水量を増しその前後における油の温度上昇を比較した上で過負荷を決めることが望ましい。冷却水量が増加すると、冷却水の温度上昇は下るが、この温度低下と油の温度変化との関係は、水の温度差の半分以下となる。一般に冷却水温度の変化の40%の割合で油温は変化するから、水の入口と出口の温度差10°Cあつたものが水量を増して5°Cになつたとすると、油の温度上昇は、

$$5^{\circ}\text{C} \times 0.4 = 2^{\circ}\text{C}$$

すなわち2°Cしか下らぬということで、この方法ではあまり多くの過負荷は期待できない⁽¹⁾。

(5) 過負荷運転に際しての注意

変圧器の過負荷運転を実施するにあつては次の事項について詳細点検、検討を行い万全を期すことが必要である。

(A) 接続端子の点検

定格容量以下で運転する場合は接続端子部の過熱はないが、長年使用した変圧器においては締付部の

弛み、酸化被膜および塵埃による接触不良などによつて電流容量は減少をきたす。したがつて日常軽負荷の場合なら異常なかつたものが過負荷運転において接触部の過熱を起すことは起りうるので、実施前には詳細な点検手入をすることが必要である。

(B) 温度記録の検討

負荷と油の温度上昇との関係を記録から検討することが望ましいが、旧型の変圧器においては油の循環が悪く冷却能率の低いものもあることは現地調査の際見受けられたことである。一般に放熱器の上下の温度差は構造容量によつて異なるが、大体15°C程度以下である。もし極端に高い場合は製造者に連絡して事前に対策することが必要である。これは過負荷運転に限つたことでなく、定格容量で運転して過熱する変圧器はこの原因によることが多い。

[VII] 通電中の変圧器に異常のあつた場合の処置

通電中の変圧器に異常のあつた場合、早く原因を究明して事故を最小限に止めることが必要なことは、いまさら申し述べるまでもない。保守を完全にして事故防止に努力しても予期しない事故が発生することが考えられるが、あらゆる事故を想定してそれに対応する処置を述べることは困難であるので、ここでは簡単な問題について述べる。

(1) バースティングチューブより噴油した場合

内部の絶縁破壊現象すなわち巻線と大地間の絶縁破壊、コイルの層間短絡などのため発生した大量のガスのため油が吹き上げられた場合であるが、まれには呼吸器の目詰りが原因で、油の温度が上昇した場合内圧上昇して噴油することもあるが、ガスの臭いで事故か否かの判別ができる。

(2) ブッフホルツリレーが動作した場合

このリレーが動作した時は下記のごとく種々の事故が考えられる。

(A) 警報接点(軽故障)が動作した場合の事故

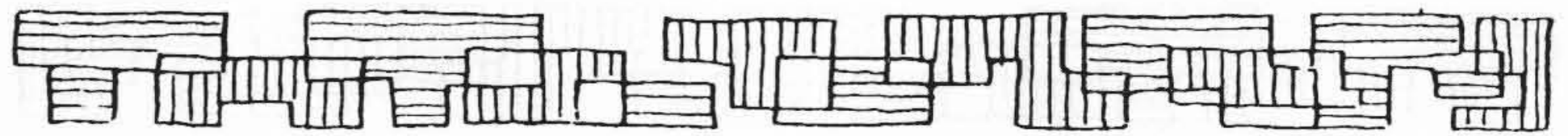
(a) 絶縁破壊事故が初期で拡大しない場合

(b) 部分的に電位傾度の高い箇所があつて(油の劣化も影響する)その箇所に接した油が部分的に絶縁破壊を起して油中コロナがでる場合

(c) 鉄心と締付金具、締付ボルトなどの間に短絡箇所が生じ相当大きな電流が流れて部分的過熱現象がある場合(ただし外部にショックとして現われない状態)

(B) 遮断の接点(重故障)が動作した場合

(a) 前述(1)の内部事故の場合：この場合は前述せ



るごとくパースチングチューブよりも油を噴き出すことが多い。

(b) 軽故障の場合の(c)が拡大した場合

リレーが動作したならば、過電を止め、点検せねばならないが、軽故障の場合はリレー上部に溜ったガスの臭いである程度は判別できる。

一方ブッフホルツリレーの誤動作も考えられるので一応検討せねばならない。また誤動作を避けるため、平素から誤動作の原因を排除するよう保守されることが必要である。誤動作の原因として考えられることは、

(i) 油中に空気が残っている場合

新しく油を補給した場合、または油濾過を行った場合は、油中に入っている気泡を完全に抜いて後、リレー回路を接続するようにしなければならない。特に大型の変圧器においては短時間で空気は抜けないから注意が必要である。

(ii) リレーに接続したケーブルの事故

リレーの油洩れなどのため接続ケーブルのゴムが油に侵され、湿気が侵入して絶縁破壊を生じ、これが原因で誤動作することも考えられるので注意が必要である。

(3) 内部で小さい連続音を出す場合

一般に変圧器内部で音を出すのは変圧器の鉄心、金具などの接地が外れたり、高電位に近い部分に電氣的に浮いた金具などがある場合に静電的に充電されて、大地または低電位の部分に放電する場合などである。

油中において高電位の導電部からタンク、鉄心、金具などの大地電位に放電する場合は連続的でなく、断続的で音も大きい場合が多い。しかしながら両者の比較はそれ程明確なものでなく、原因究明に苦心することが多い。

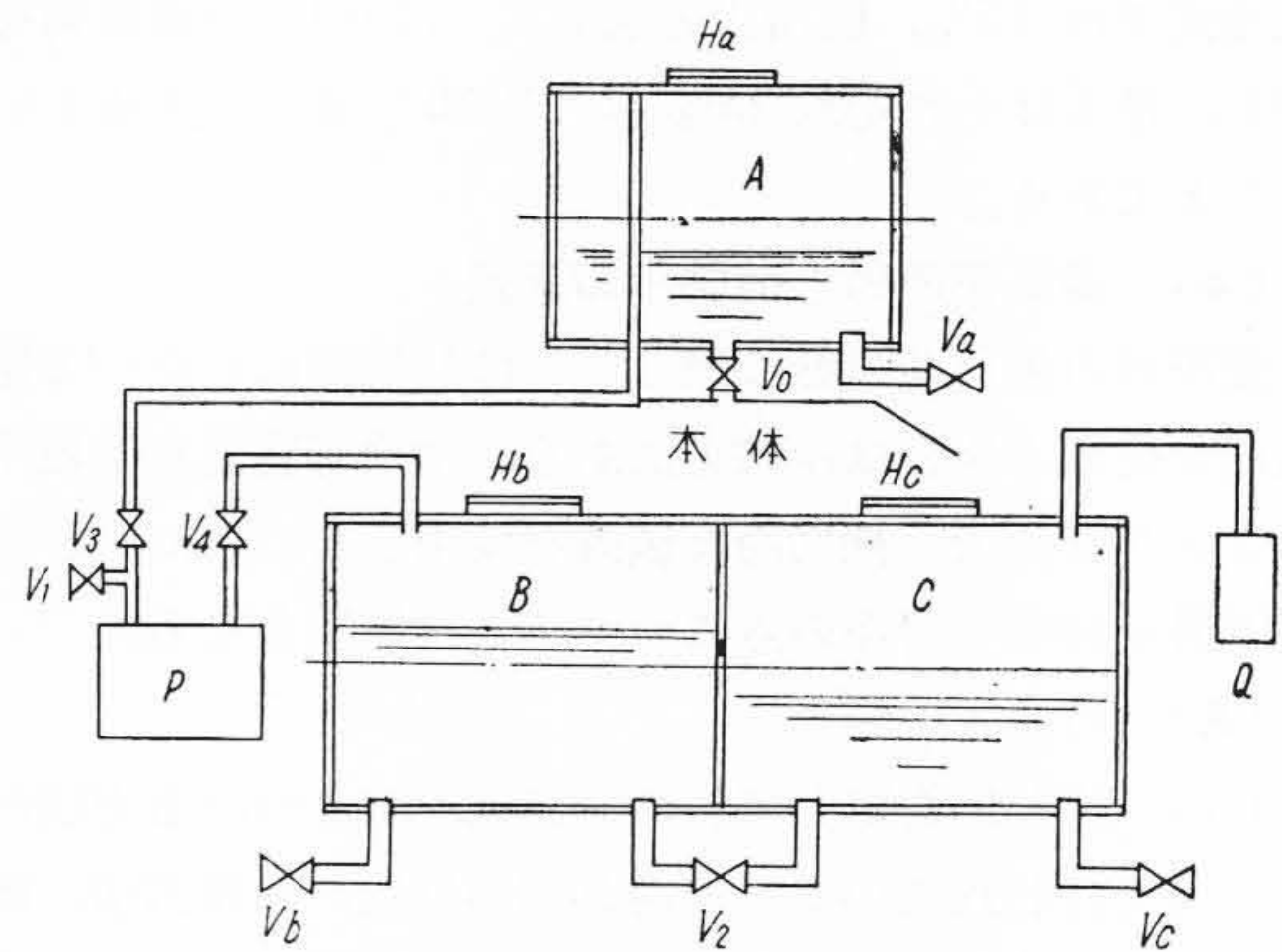
(4) 振動音響の高い場合

鉄心の締付が不完全である場合、鉄心締付構造が悪い場合、また内部の部分品の締付が不十分である場合などに起る。このほか内部振動が外部の放熱器、附属部品などに共振して意外に大きな音を出すことがある。

(5) 使用中に温度上昇が大きくなる場合

前にも述べてあるが鉄心の短絡回路、いわゆるコアショート現象で過熱することがあるが、このような場合は励磁電流が必ず大きくなるからこの点からも検討できる。このほか、水冷式の場合には冷却器の目詰りが原因する通水量の減少、蛇管外部にスラッジが付着して冷却能率が低下した場合などがある。

この外、絶縁抵抗の低下した場合、漏油を生じた場合などそのほかにも考えられることはあるが、前述と重複するので省略する。要は異常が発生した場合は速かに原



第22図 三室コンサーベータ

因を究明すると共に、正確に発生状況を記録し、製造者にも連絡して適切な処置を採ることであろう。原因不明のまま、回路へ再投入して事故を拡大した例もあるから慎重を要する問題である。

〔VIII〕 旧型品の改造について

以上旧型変圧器の保守について、概略を述べてきたが保守の目的より一歩進んで旧型のものを少しでも現在の型のものに近づけ保守の簡易化を図ることは変圧器の保守上重要なことであろう。最近日立製作所において旧型品の改造を行つた一例をあげ参考に供したい。

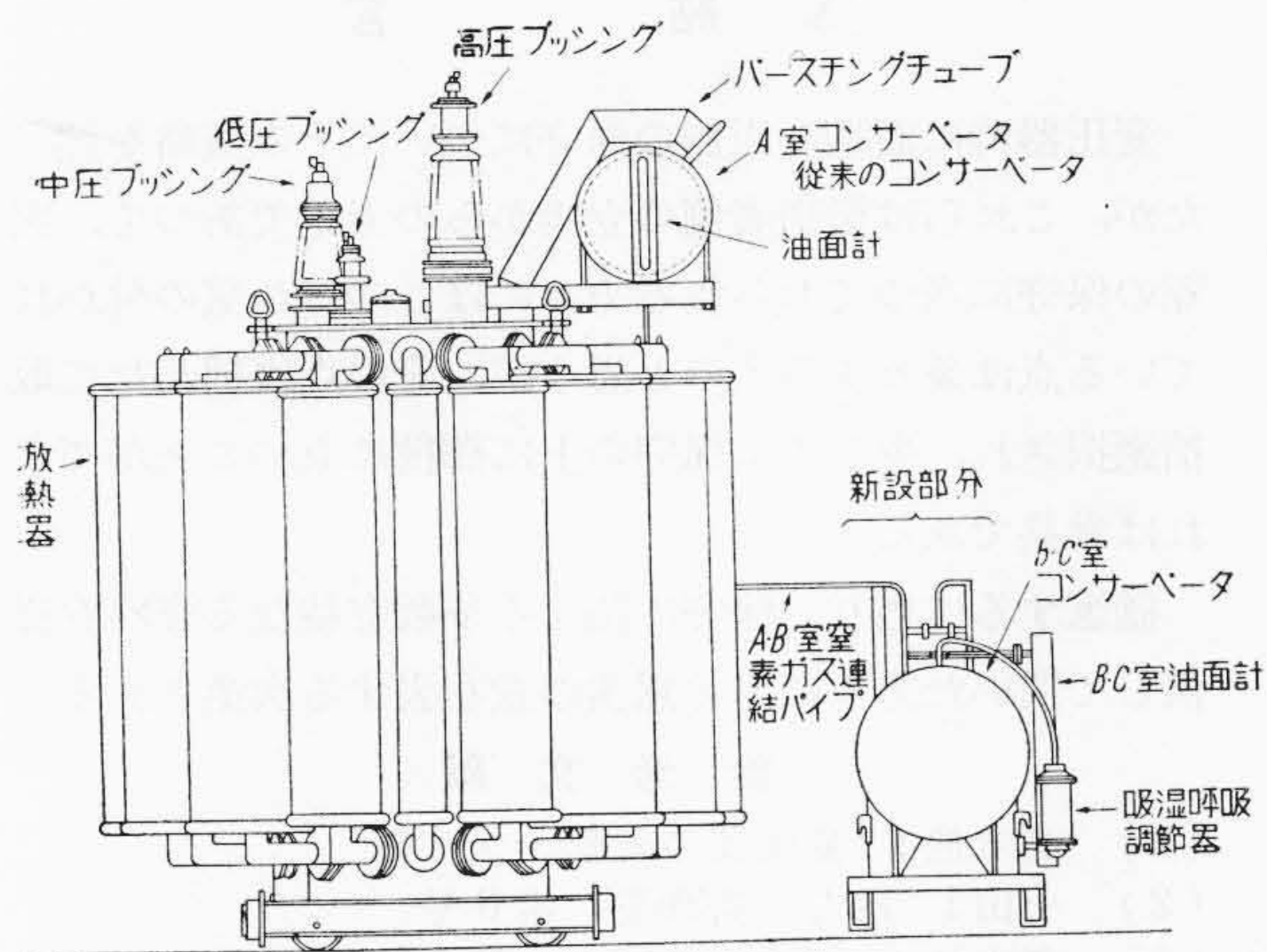
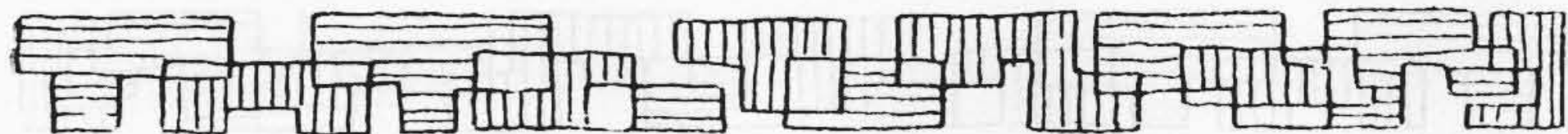
変圧器仕様

容量	7,500/8,000/2,500 kVA	三巻線変圧器
一次電圧	66-63-60-57 kVA	
二次電圧	33 kV	
三次電圧	10.5 kV	
周波数	50~	
冷却方式	自冷式	

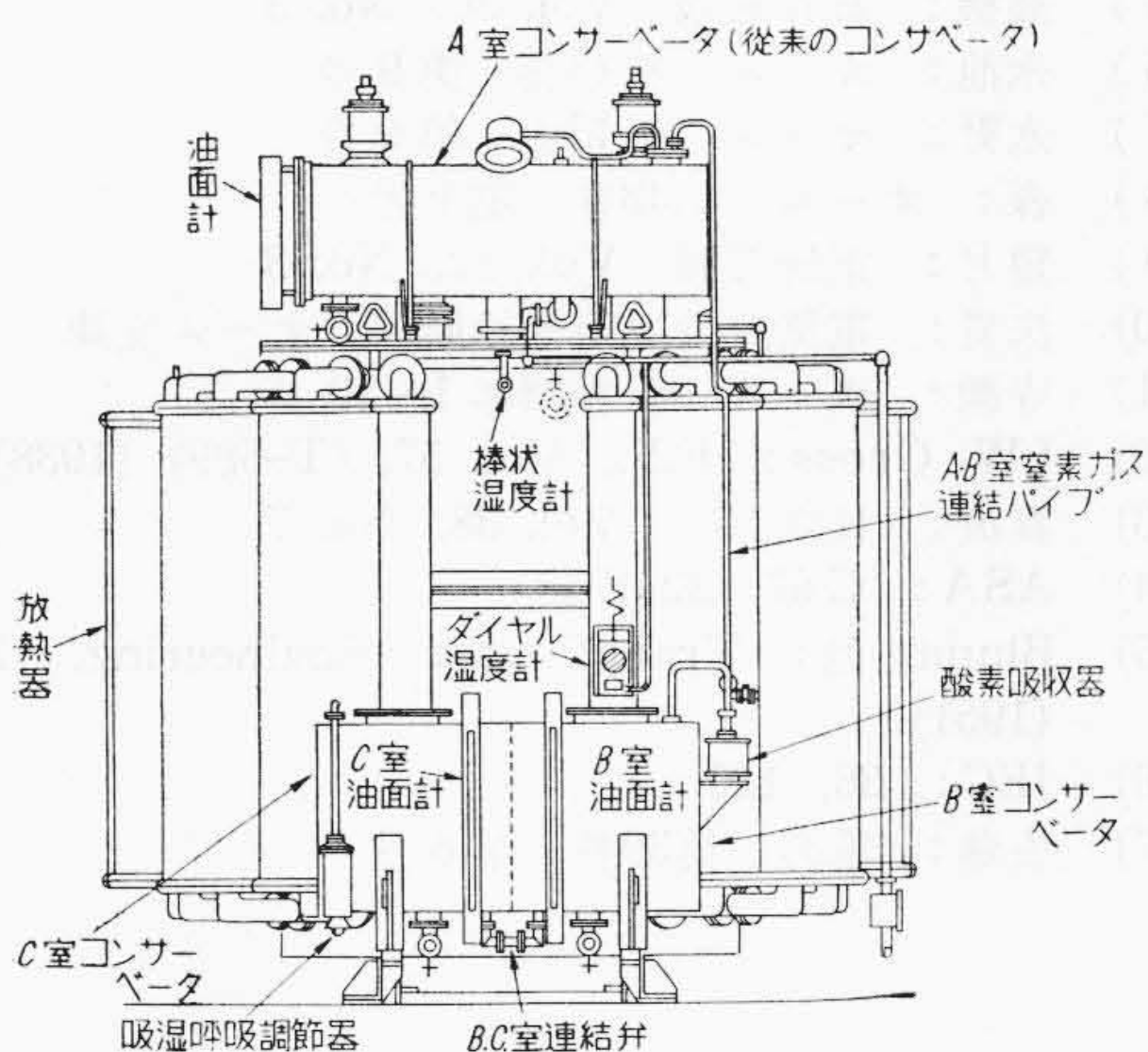
(1) 改造の概要

従来開放型コンサーベータ付変圧器であつたものを窒素封入三室コンサーベータ型に改造し、附属品一式を取付けた。三室コンサーベータ型構造の概略図を第22図に示す。コンサーベータはA、B、Cの三室からなつている。A室は本体とV₀を通じて連結されているので、本体の油面の変化はA室に現われる。B室は酸素吸収器Pを通じてA室と、またC室は直接B室と連結してある。

したがつて本体と通じているA室は外気と遮断される。V₁からPを通して封入する窒素ガスは、ガス内に混入しているわずかな酸素も吸収され、油温の変化によりA、B室の窒素ガスはPを通じて移動するので窒素ガスの純度は高くなり、油の劣化作用はさらに僅少となるのが特長である。また一方C室は吸湿呼吸調節器Qを通して乾



第23図 改造後の外観(1)



第24図 改造後の外観(2)

乾燥した外気を吸収しその上本体は熱的にも独立しているから、C室内の空気および油の温度は本体のそれより低く、B、C室内の油の劣化は緩和されるのである。

改造の方法としては従来のコンサーベータをA室とし、B、C室を新製別設置としたもので、従来のコンサーベータは一部改造のみで、そのまま使用する利点を有している。改造後の外観図を第23図および第24図に示す。この改造により変圧器はさらに長寿命が保持される訳である。

以上は一例であるが、この外にも多数同様の改造を行い実績をあげている。

(2) ブッシングについて

ブッシングについては点検の項および絶縁油の項で述べたごとく、従来の型は呼吸孔を通じて外気と接しており、油の劣化は変圧器本体に比較して速くまた保守上も油の交換、内部の清掃など手数のかかるものである。

その欠点を補って現在登場しているのが密封型ブッ

シグである。外観を第25図に示すように頭部は完全に密封されて外気と遮断し、油面は磁石式油面計により指示するようになっている。従来の油入型に比較して保守の点は非常に簡易で信頼度は高く絶縁油の劣化などの心配もなく、長期にわたって使用できる利点がある。

(3) 呼吸調節器について

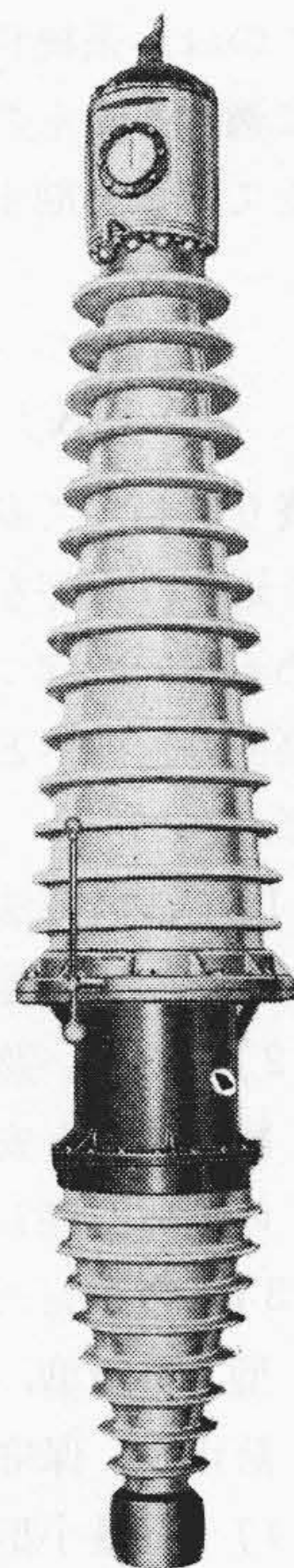
点検の項で述べたごとく呼吸調節器に使用する吸湿剤として、従来の工業用塩化カルシウムに比してシリカゲルが使用されるようになってきているが、従来塩化カルシウムを使用していたものに、そのままシリカゲルを使用すると容積が小さいため頻りに交換する必要を生じ、保守上厄介である。したがって容積を2倍以上に大きくしたシリカゲル専用の呼吸調節器(第26図)に機会を見て交換されるようお勧めする。

以上改造の概略につき簡単に述べたがこのほかにも改造によつてさらに良好に保守しうると考えられるものも多々ある。

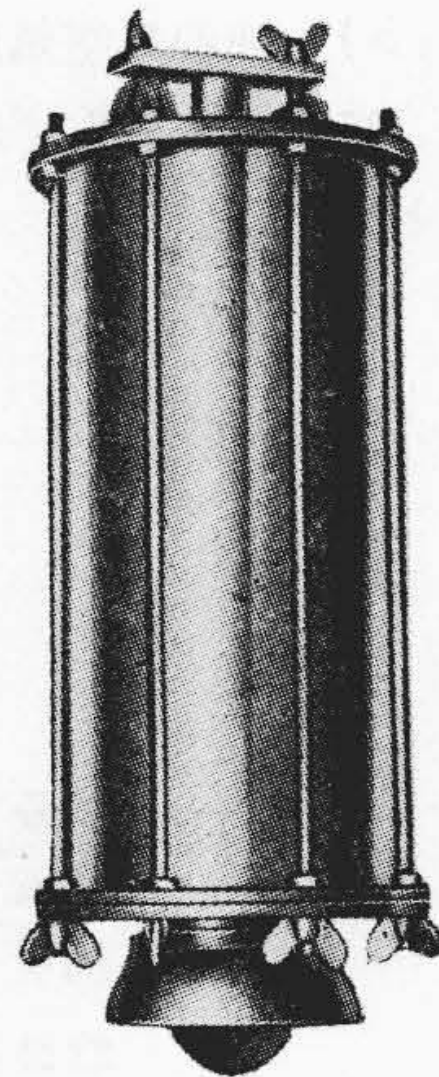
[IX] 保護の問題

変圧器の保護については保守との関連は密接なものがある。したがって保護装置の保守も良好に行われるべきは多言を要しない。最近の進歩した保護方式においては、特性のすぐれた継電器を使用して事故を最小限に止めるよう考慮されている。

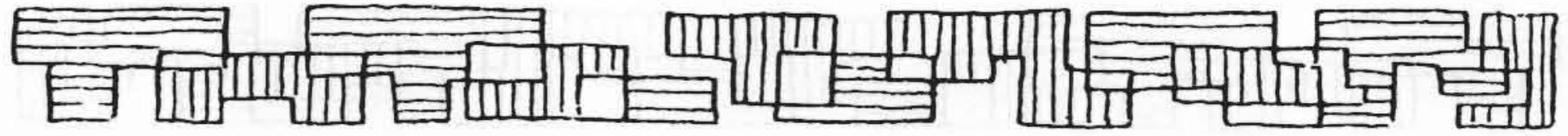
変圧器自体においても、丸型温度計による温度上昇の警報、ブッフホルツリレーによる警報、遮断また継電器による差動保護、過電流に対する保護、接地保護などこれらを十分に活用して、変圧器の保守は全うされるわけである。異常電圧に対する保護としては、各部の絶縁の協調を計り、避雷器を併用して処置をとるべきことは、コイルの事故中(第3表)異常電圧による事故の多いことから推しても当然



第25図 密封型ブッシング



第26図 シリカゲル用呼吸調節器



であろう。

このほか系統負荷の増大により油入遮断器の容量も実状に適応したものに交換するよう考慮し、万一の事故に備えて万全を期すことなども保守上の重要な問題であろう。

〔X〕 最近の変圧器について

終りに当つて参考のために最近の変圧器の概略を述べる。近年は保守を簡易化するとともに、事故を絶無ならしめる方向に向つて長足の進歩をとげ、なお現在もさらに高度のものへと進歩しつつある。その主なる点をあげれば、

- (1) 設計方法の改善と、使用材料の急速な進歩とあいまつて高能率化したこと。
- (2) 新しい遮蔽方式を採用して衝撃電圧に対する絶縁の強度と安定度を高め、全熔接型を採用して事故の絶無を期したこと。
- (3) 窒素封入型(三室コンサーベータ型)、窒素密封型、密封型、ブッシングなどを採用して油の劣化を防止し、保守を簡易化したこと。
- (4) 軽量小型にし、ことに中型変圧器においては全装可搬型を採用し、大型変圧器においては大型特別輸送貨車による組立輸送を実施し、現地における組立作業を簡易にし、かつ最良の状態で見地に据付け、安定度の高いものとしたこと。
- (5) 油の真空処理、真空注油の実施により変圧器内に気泡が残らず絶縁の安定度が増大したこと。

などである。

〔X〕 結 言

変圧器特に旧型変圧器の保守についてその概略を述べたが、これらは製造者側の立場からの考えであつて、実際の保守に当つておられる方々にはこのほか気の付かれています点は多々あるものと思うが、その点は補われて取捨選択され、少しでも保守の上に御役に立つことができれば幸甚である。

擱筆するに当り、保守に関する多数有益なる資料を提供して頂いた方々に厚く感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 高木他：変圧器の運転・保守編
- (2) 小山：電力 第39巻 第6号
- (3) 高木他：電力 第39巻 第6号
- (4) 玉井：電力 第39巻 第6号
- (5) 高橋：日立評論 Vol. 36, No. 3
- (6) 永池：オーム 第43巻 第9号
- (7) 永野：オーム 第43巻 第9号
- (8) 森：オーム 第43巻 第9号
- (9) 望月：電研月報 Vol. 12, No. 3
- (10) 法貴：電気施設の絶縁診断法 オーム文庫
- (11) 寺瀬：オーム 昭和28年1~10月
- (12) I.W. Gross: E.E., Vol. 57, (T-589) (1938)
- (13) 真流：日立評論 Vol. 38, No. 7
- (14) ASA: C 57, 32-1948
- (15) Blume 他: Transformer Engineering, 345 (1951)
- (16) JEC: 36, 120
- (17) 佐藤：電力 第39巻 第6号

日立評論 別冊特集号 No. 20 車輛特集号

— 12月1日発行予定 — (1部 定価 100円)

- ◎最近の鉄道車輛
- ◎単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 東京都千代田区丸の内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