

回転機の衝撃電圧試験について

Impulse Voltage Test of Electrical Machinery

井上 利夫* 兼子 慶市** 沢田 博次**
 Toshio Inoue Keiichi Kaneko Hiroji Sawada

内 容 梗 概

回転機の衝撃電圧試験は主として高電圧機器を対象にして推奨案が出され、各所で実施されているが、レヤー絶縁の強化、絶縁管理の充実によりまったくレヤー絶縁の破壊例はなく、さらに最近の新式絶縁コイルにおいては長期実用後も問題はないと推定される。ただ対地絶縁に対しては高電圧化に伴い試験電圧値を逡昇する場合に問題が残されているにすぎない。

高電圧機器に対してはほとんど衝撃電圧試験の必要がない程度であるが、低電圧の小形機器に対しては絶縁が簡略化されているため絶縁改良、品質保証のために大いに活用され実効果をあげている。さらに小形電機子においては固定子あるいは大形機器の電機子に比べると、非常に過酷な条件で使用されているので、特殊な絶縁試験が必要であり、最近高温、高速回転下における衝撃電圧試験を行なう試験法を開発し、絶縁改良、品質保証上顕著な実効果をあげることができた。小形機器に対しては静止状態における衝撃電圧試験とともに、特殊運転条件下の衝撃電圧試験が試験対象範囲を拡大しつつある。

1. 緒 言

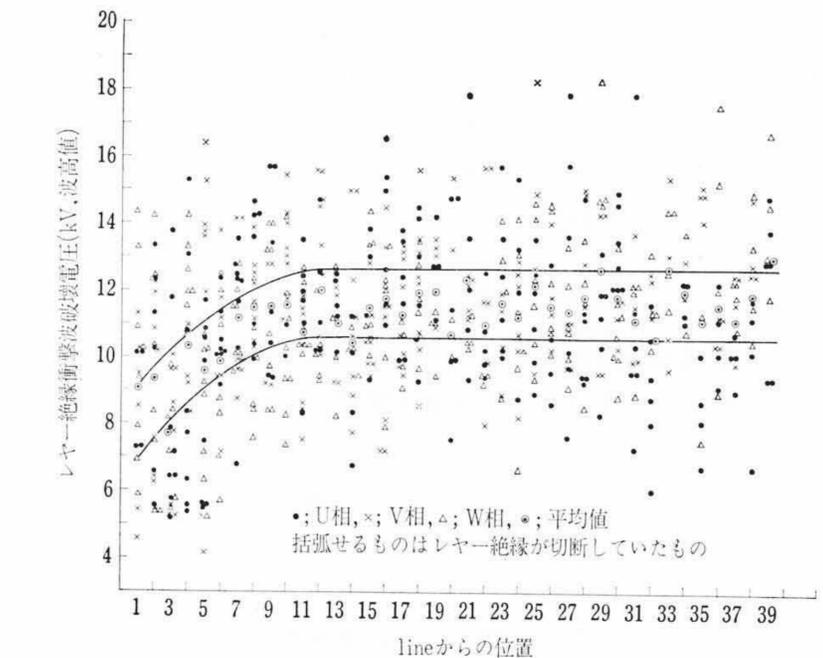
回転機の衝撃電圧試験については大形、高電圧品をおもな対象として試験推奨案⁽¹⁾が出されており、各所で衝撃電圧試験が実施されている。この推奨案の作成当時にはターン間のごく薄いものでは、この試験に合格しない例もあったが、その後はほとんど絶縁向上によってターン間で破壊するものはなく、むしろ対地絶縁のコイルエンド部の沿面放電が問題で、12 kV 級以上の高電圧品に対して、比例に近く試験電圧を高めることの意義について疑問がもたれている。沿面放電の向上については種々検討されているが⁽²⁾、試験電圧値の必要根拠について検討が必要であり、むだがないようにしなければならない。

大形、高電圧品についてはこのように特に高電圧品以外は試験を省略してもよい程度に絶縁の品質が向上しているため重要な意味はなく、回転機の衝撃電圧試験は、むしろ小形、低電圧品の試験において製品の改良、品質保証のため非常に貢献している。

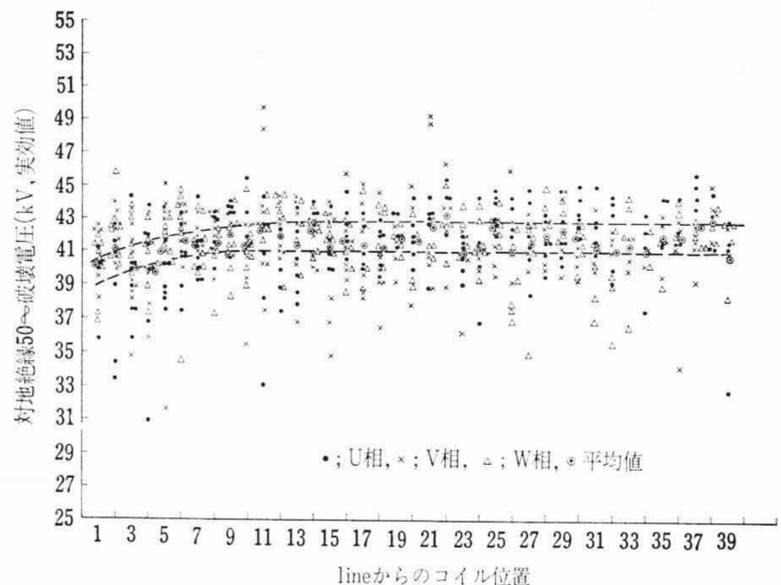
これらの衝撃電圧試験はほとんど常温、静止状態で大量の製品試験を行なっているが、さらに一部の製品すなわち過負荷で時々使用され、回転数も比較的大きく変動して使用されるようなクリーナ、ダイナモ、電動工具用などの電動機の電機子においては十分な試験とはいえないことがわかった。過負荷による温度上昇にひきつづき急激に無負荷高速になるような機器では高温で常時よりも大きな遠心力を受ける。したがってこのような状態における耐電圧性を常温、静止時の衝撃電圧試験で等価的に行なうことには無理がある。高速回転下の衝撃電圧試験は困難であるが、電圧印加から短絡の有無を検知して完了まで 10~100 μs の短時間で済むため、ターン間短絡の検出感度が十分であれば実施しうることである。これらを詳細に検討し、完成することができ、幾多の絶縁改良、品質保証に役だっている。

2. 高電圧回転機コイルのレヤー絶縁に対する衝撃電圧試験の意義

3.3 kV 級以上の発電機コイルの場合ターン間の絶縁は DGC 線、DTC 線の被覆がそのまま使われることは特殊な場合を除きまれであり、通常はレヤー絶縁として 0.25, 0.5, 1.0 mm あるいはそれ以上



第1図 旧式発電機固定子コイル長期間実用後のレヤー絶縁衝撃電圧破壊値と位置

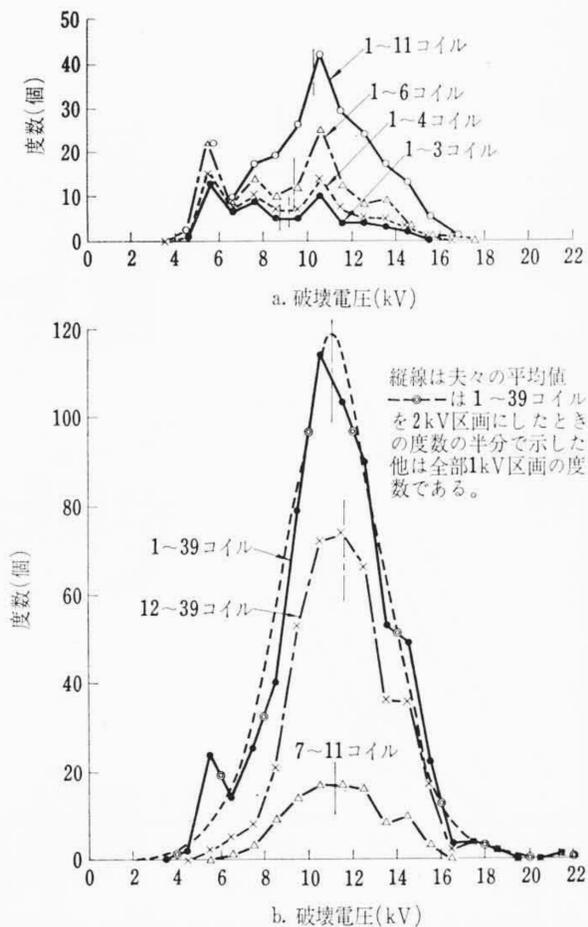


第2図 旧式発電機固定子コイル長期間実用後の対地絶縁50サイクル破壊電圧値と位置

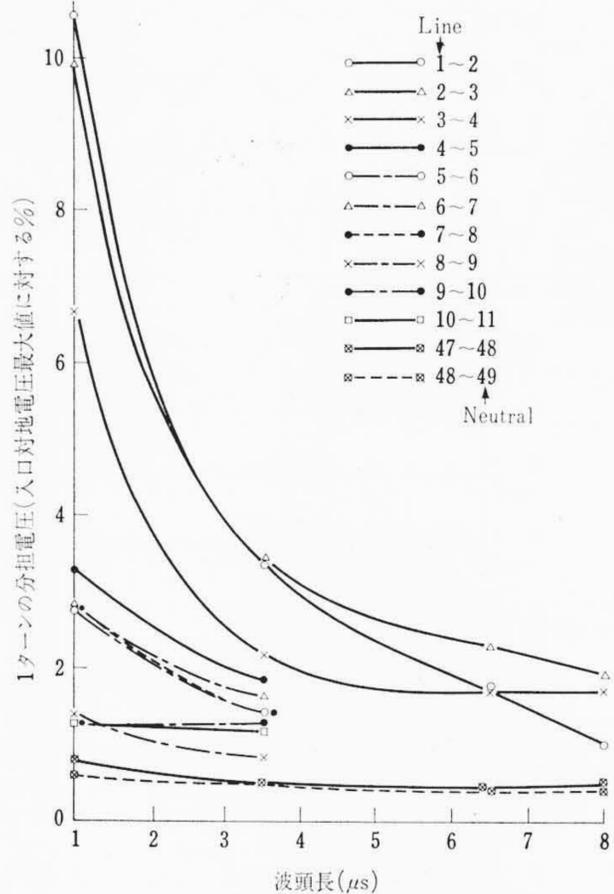
の厚さのマイカペーパーなどの絶縁が施されている。したがってこのようなコイルが絶縁劣化してマイカの接着剤、塗込みワニス、注入コンパウンドなどが酸化消耗したとしても、その絶縁間隔さえ保てれば、空気間げきとしての破壊電圧は保持しうるわけである。し

* 日立製作所日立研究所 工博

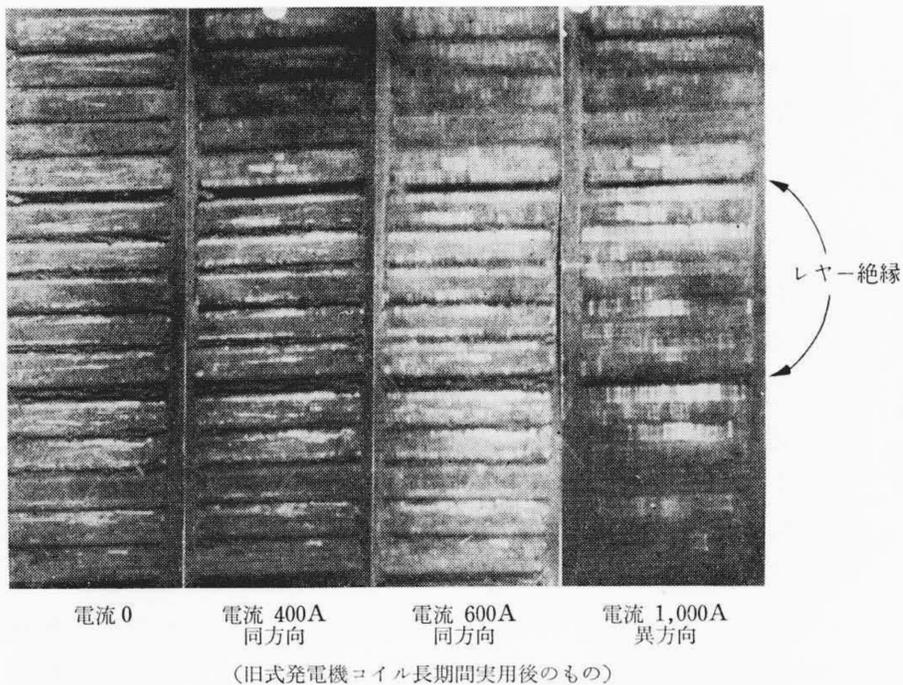
** 日立製作所日立研究所



第3図 旧式発電機固定子コイル長期間実用後のレヤー絶縁衝撃電圧破壊値の度数分布



第4図 11,000 kVA 11 kV 発電機U相に1線印加せる衝撃電圧の波頭長と各部コイルの1ターンの分担電圧の関係



第5図 鉄心ある場合、コイル2個シリーズに電流を流した場合の上コイル (#247) の顕微鏡写真

たがって昔の旧式絶縁コイルについて長期間実用して熱劣化、コロナ劣化をうけたものの破壊電圧を測定すると常温、静止状態における結果では第1,2図に示すようになる。レヤー絶縁は高温導体に近いため熱劣化を大きく受け、また線路側のコイルではコロナ劣化も加わって低下率が大きい、対地間絶縁では大部分の絶縁は内部ほどの劣化を受けないため低下率は小さく、また、線路側のコイルの低下もわずかである。

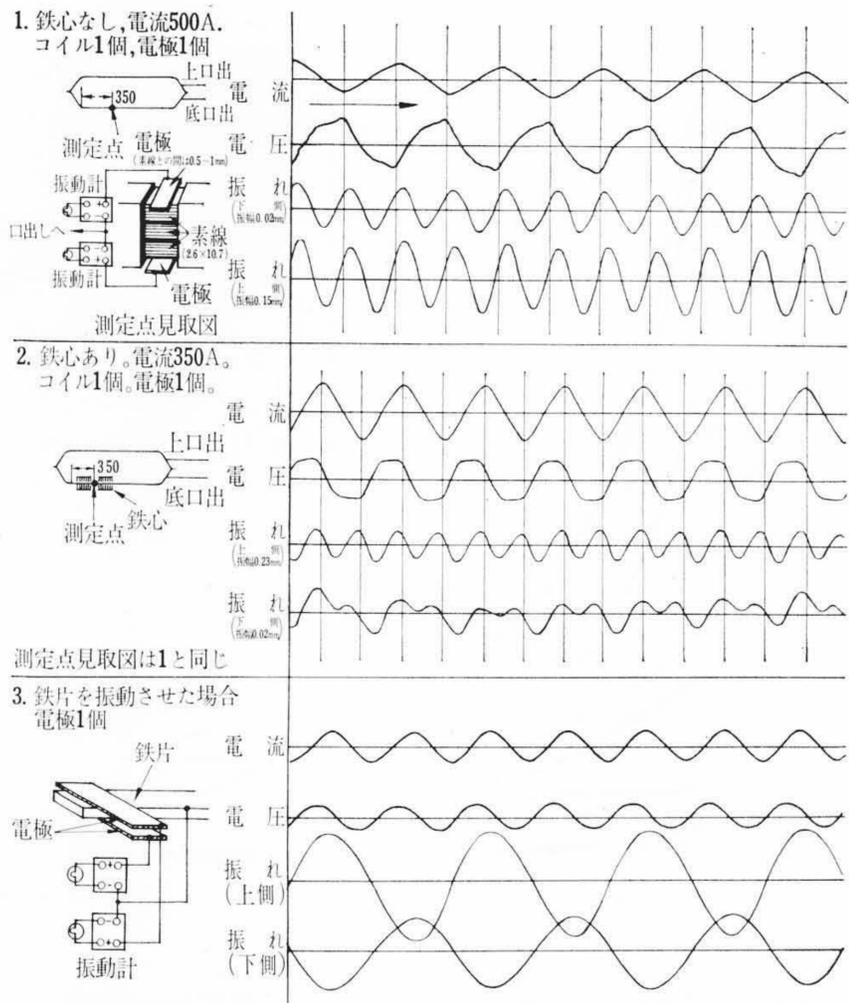
レヤー絶縁の破壊電圧の度数分布を線路側から中性点側へ各グループに分けて図示すると第3図のようになり、各グループの平均値は線路側のコイルグループほど低くなる。この度数分布から統計的に計算し、1,000個につき1個現われる確率で最低どれくらいまでの破壊電圧が現われるかを求めると零電圧以下になってしまうが、これは正規分布として求めたための誤りである。すなわち先に述べたように導体間の最低間げき長の空げきの破壊値よりも低下するこ

とはあり得ないのであり、この値はこの例においては約3kVである。一方衝撃電圧を加えた場合にターン間に加わる電圧の最大値は、印加波の波頭長によって変化するが第4図のようになる。回転機衝撃電圧試験に関する推奨案に基づいて試験する場合、ターン間の分担電圧によって波頭を調整するから、相隣るターン間が設計寸法に保たれているかぎり特別の場合を除き、ターン間の破壊は生じない。またターン間に加わる交流電圧は高くても百数十ボルトであり、破壊電圧に比べればほとんど問題にならない値である。

しかし波頭長が0.1μsなどの急しゅんな衝撃電圧が加わるような場合があると、線路側のコイルのターン間には、破壊電圧を越える電圧が加わりうるので、ターン間短絡の原因になるが、サージブゾーバの設置が適切であれば波頭長が長くなり、このようなことは生じない。

以上のようにターン間絶縁が適切な管理下に施されておれば、新品の場合衝撃電圧試験で、ターン間が絶縁破壊することは皆無であり、破壊が期待されるのは、管理不十分による導電性粒子の巻き込みなどによる導体間の短絡に近い状態が生じるような場合のみである。長期間使用後のコイルでも、ターン間が間隔を設計どおり保っていれば特に絶縁が薄い場合を除き、衝撃電圧の試験電圧を加えても破壊しないが、実際には旧式コイルにおいては異常電圧が侵入しないのに、ターン間短絡から対地間の絶縁破壊を生じることがあった。これはこれまで絶縁の不均一、すなわち局部的弱点の損傷拡大などで片づけられてきたが、なにかほかに原因がなければ納得しがたいことである。種々検討した結果長期間使用して導体付近の有機物が損耗したコイルでは、定格電流で各導体が吸引、解放を繰返し、周波数の倍の振動を生じるもののあることがわかった。

劣化のひどい3ターンコイルに電流を流し、コイルの側面を一部切りとって導線面を出し、顕微鏡で見たときの導線の振動状態を第5図に示した。このコイルの定格電流は412.5Aであるが、400Aではかなり振動しており、600A、1,000Aとなるにつれて相当大きく振動していることがわかる。これにつれてレヤー絶縁の間隔が大き



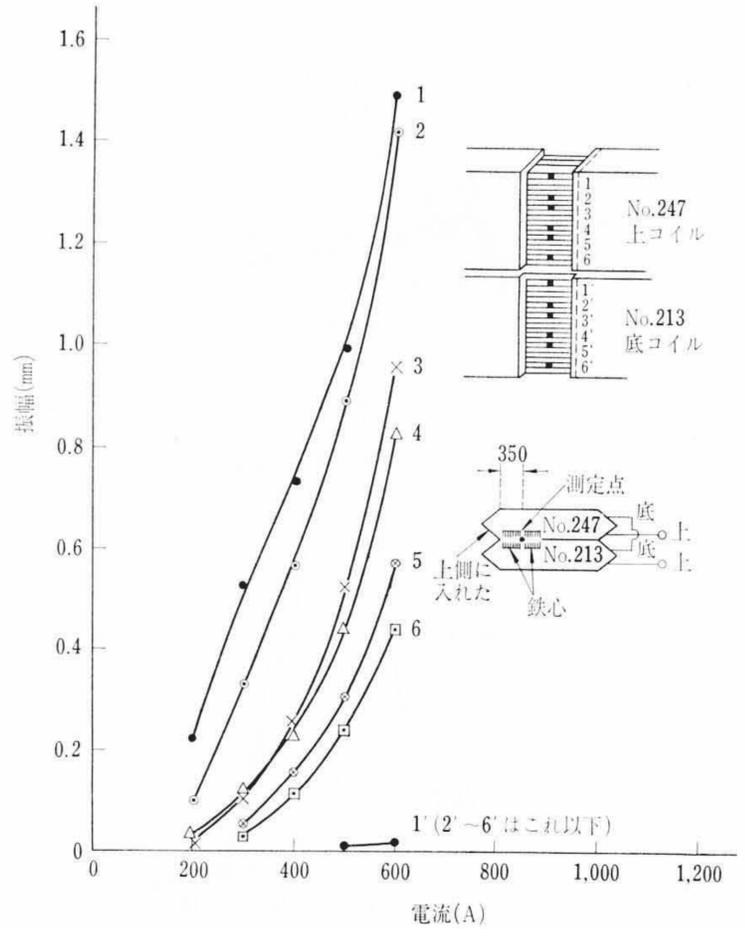
第6図 旧式発電機コイル長期間実用後のコイル1個に電流を流したときの容量形振動計による振動波形（電極1個で絶縁を一部切りとって測った）

く短縮されている。しかしこの振動が同位相の振動であれば、写真では短縮されたように見えても間隔は同じであり問題がなくなる。これを静電容量の変化を検出する容量形振動計によって調べた一例が第6図であり、位相がほぼ180度ずれていることがわかった。すなわち各ターンの導線は吸引と解放を繰返しており、相隣るターンの振幅の和の半分まで間隔が縮まるわけである。振幅の測定例を示すと第7図のとおりである。

このような振動は長期間使用後の1台の発電機について調べても一部のコイルに現われたものであり、劣化状態、過電流の機会の有無などによって異なる。過電流によって振動するとその後の定格電流でも振動しつづけるようになることが考えられ、相当絶縁が劣化した後短時間でも過電流の機会のあるものに、この種の振動が生じやすいと推定される。したがって一度ターン間の短絡が生じた発電機を再使用する場合、この種の振動の有無を定格電流下に調べることは、その後の事故防止に役だつものと考えられる⁽⁹⁾、測定がより簡易化されないと実施は困難である。

このような導線の振動が生じると、レヤー絶縁は機械的にたたかれて劣化を促進するものであり、それにつれて振動が大きくなり、ターン間の短絡に発展しうると推定される。このような状態に達しても電流が流れていないときは、ターン間の絶縁間隔は正常時に近く保たれているので、長期間使用後のコイルの使用可否判定のために、無負荷で衝撃電圧試験を行なうことは意味が少ない。負荷電流のmax付近において衝撃電圧試験を行なえば、より十分な試験になると考えられる。

近年回転機コイルの絶縁は長足の進歩を示し無溶剤ワニスの使用により、熱劣化も少なく、コロナ劣化もほとんど生じなくなった。また設計上、工作上の注意も行きとどいているので、衝撃電圧試験はターン間に関しては大形、高電圧回転機にはほとんど必要がないほどである。しかし対地間に関しては高電圧化に伴い、試験電圧を過昇すると沿面閃絡電圧が長さに比例しないため、この向上



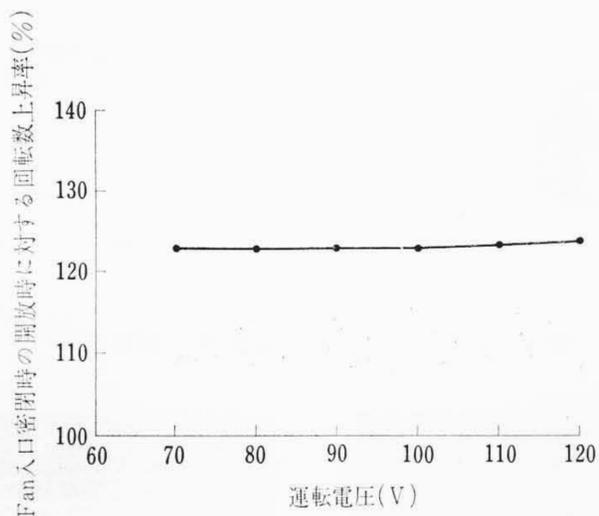
第7図 旧式発電機コイル長期間実用後の2個のコイルを鉄心に納め同方向に通電したときの電流と各ターン素線の振幅との関係（#247 上コイルが上にはいった場合）

にくふうが施されているが、そのような電圧値が果して必要かどうかについては十分検討し、不経済にならないように考慮しなければならない。

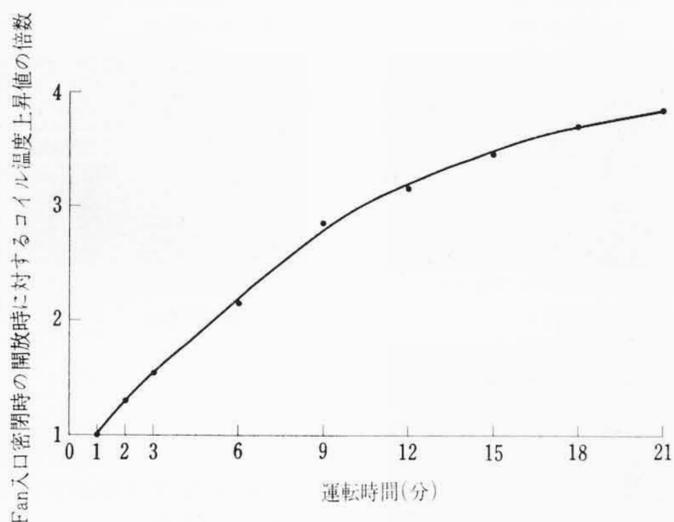
3. 小形回転機の衝撃電圧試験

10 kV 衝撃電圧絶縁試験器およびこれを用いて、小形回転機の衝撃電圧絶縁試験を行なう際の絶縁破壊の有無の検出法については先に詳述した⁽⁴⁾。その後この試験は独自の検出法である電圧平衡法の検出感度優秀、平衡点の上下で非対称な巻線も試験可能などの理由で応用機種が拡大し、広範な品質管理試験に活用されて顕著な効果をあげている。汎用電動機、家庭電器製品用電動機、4輪車用スタータあるいはダイナモ、電動工具用電動機などについて年間300万台以上が本試験にかけられ、不良品の摘出を受けている。機種によって異なるが、昭和35年の統計では本試験による不良検出率は0.04~0.55%であり、これら不良品が出荷されないことは、出荷後ただちに事故を生じるものではないとしても、寿命保証上十分なものではないので、絶縁上十分な自信のある製品を送り出すうえに、本試験の実効果が顕著なものであることを示している。なお電機子においては、衝撃電圧試験で整流子の清掃不良部で放電してもトラッキングを起こさないから、清掃によって絶縁を十分回復させられるが、本試験を行なわない当時は組立て後短絡事故を起こして修理不能となったものであり、相当台数の製品を本試験によって救うことができたわけで、この点だけでも生産に寄与するところが大きい。またこの種試験の実施により、絶縁工作上の注意が行きとどくようになり不良検出率は大幅に減少しており、出荷後のクレームにいたっては非常な減少をみせている。

マグネットワイヤ、シート絶縁物、絶縁ワニスなどの新製品開発により、その信頼性の増大に伴い、小形品においては量産向きに絶縁法が改善されているが、マグネットワイヤの絶縁膜に対する負担も大きくなっており、ピンホールなどがあると危険性が大きい。これらの有無を巻線後確実に摘出すれば、その耐熱性より十分な寿命を保証しうるものであり、衝撃電圧試験によってごくわずかな発生



第8図 クリーナ電機子の運転電圧とファン入口密閉時の開放時に対する回転数上昇率の関係



第9図 クリーナ電機子の運転時間とファン入口密閉時の開放時に対するコイル温度上昇値の倍数の関係

率ではあるが、確実に不良品を摘出することは、製品の信頼性を大きく増大するものである。

4. 小形電機子の新絶縁試験法

4.1 経 過

これまで述べたように衝撃電圧試験は常温における静止状態で行なわれているが、これはその状態でもっている絶縁上の欠陥を検出することで十分の意義をもっている。回転機の固定子巻線に対しては極端な過負荷を与えるものではなく、この程度の温度上昇による破壊電圧の低下はわずかであるため、常温、静止状態の試験で絶縁保証の目的が達せられるわけである。

しかし2章で述べた長期間使用して、導線の相互振動を伴うような巻線の絶縁保証には通電中の衝撃電圧試験が必要になるし、また絶縁が軟化して絶縁間隔が縮小するような場合には、その点を考慮した試験が必要であることがわかった。これは家庭電器用、電動工具用、自動車用などの小形電機子において必要を痛感するに至り、従来から行なわれていた過負荷の繰返しによる寿命試験⁽⁵⁾を進展させて開発したもので、その新絶縁試験法⁽⁶⁾について以下に詳述する。

4.2 小形電機子の実用状態

クリーナ用電動機の電機子にはシャフトによりファンが直結され回転によって生じる空気流が電動機内の空げきを通り抜け、巻線の冷却を兼ねる構造になっている。このためゴミつまりなどで風量が減ると冷却されず巻線の温度が相当上昇し、また風損が減少するため回転数が増大する。これらは電圧によって変化するがそれらを第8, 9図に示した。このように電源電圧が高いとき、あるいはゴミを多くためた状態などにおいては、通常時の温度上昇、回転数よりも相当過酷な状態になることがわかる。このような場合には温度が高

くなって、しかも回転数増大による大きな遠心力が巻線に加わることを十分考慮した絶縁保証が必要となり、これを常温、静止状態における試験で代行することは無意味に近い場合もあると推定される。

スタータ・ダイナモの電機子はエンジンのクランクシャフトに直結して使用され、エンジン始動時には始動電動機としてエンジンを回転させ、始動後は充電発電機として働く。始動時には定常運転時の3～4倍の電流が流れ温度上昇が急激に起こるが、始動すると回転数が急昇する。発電機として使用時の出力は昼間と夜間で異なり、また定常速度に対し140%までの特性が要求されており、さらに場合によってはこれを上まわることが期待される。またエンジンに近く取り付けられるため、エンジンの熱が加わって電機子コイルは120℃に達することがある。スタータあるいはダイナモもこれと同様の傾向で、それぞれに特有な過酷条件で使われている。

電動工具用電動機はさらに過酷で、全負荷はもちろん、ロックから無負荷までの負荷変動の繰返しを受ける。使用法によってこれは大きな差があるが、くい込んで止まりロック電流で急速に温度上昇したあと、引きはずして無負荷にすると回転数が急速に過上昇するので、巻線絶縁物は高温下の遠心力による圧縮を受けるわけである。

このように、これらの小形電動機の電機子は大型電動機に比べれば、比較にならぬほどの過酷な条件で使用されるため、一般の機器に比べると故障も多くなるが、それに耐えるだけの絶縁法が考えられているわけである。このようなものの適切な試験法がないと絶縁改良の効果判定ができず、むだな過重絶縁をして小形にできなかったり、寿命の十分でない品物を出荷するようなことになる。

4.3 小形電機子の新絶縁試験法の意義

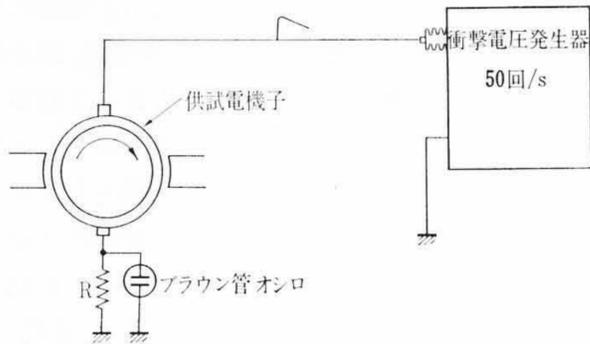
電機子についても常温、静止状態における衝撃電圧試験を行なっているが、これはコンミの絶縁不良、シート絶縁物のそう入不良、マグネットワイヤの弱点一致などを見いだすのに役だっている。しかし4.2で述べたような負荷条件で用いられるようなものに対しては、絶縁の熱軟化、過電流による導線の伸縮に基づく絶縁の損傷、高速回転下に巻線に加わる遠心力による絶縁の圧縮などを受けているときの絶縁試験を行なわないと完全とはいえない。

従来この種過負荷機器の性能検討のために、過負荷—無負荷のサイクルを破損するまでつづけ、サイクル数で比較するもの、あるいは過負荷の程度を数サイクルごとに増して、どの段階の何サイクルで損傷するかで比較する方法などが行なわれている。これはその運転電圧に耐えるか否かの試験であって、運転電圧が低いために絶縁層がほとんど完全に近く圧縮され、導体間がほとんどくっつくくらいになってはじめて絶縁破壊するものと推定される。すなわち運転条件は過酷になっているが、電圧はわずかしか高められておらず、いわゆる耐電圧試験の意味が不十分である。したがって試験結果を早く得ようとすれば、運転条件を非常に過酷にすることになり、実用状態から離れすぎて、得られた結果が実用寿命と関連しないものになる。

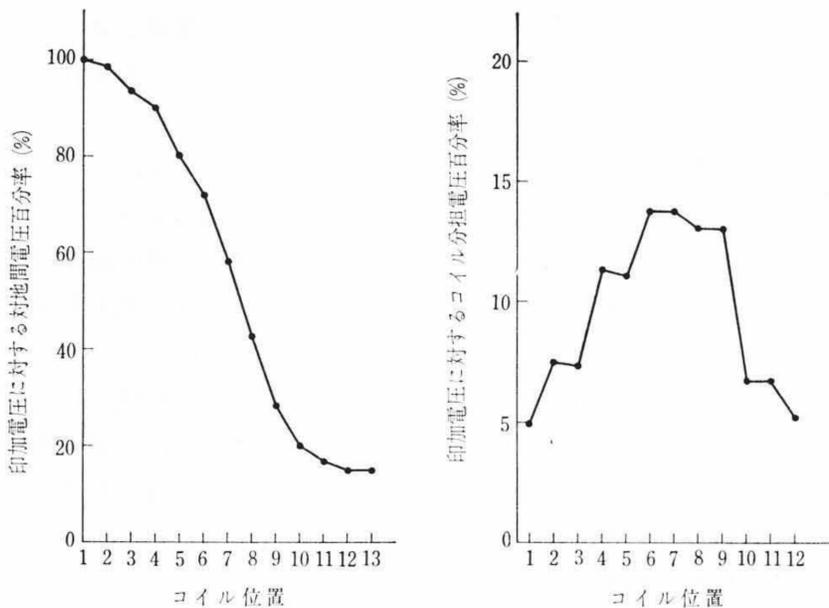
このような不都合をなくすために、われわれは新絶縁試験法を考案した。すなわち実用時に遭遇するもっとも過酷な状態、あるいはさらに多少過酷にした状態下で衝撃電圧による対地間およびターン間の絶縁試験を行なうもので、導体間がこのような過酷な状態においても十分な絶縁間隔および絶縁耐力をもっているかを調べるものである。このようにすれば運転電圧の下で導体間(対地間、ターン間とも)に加わる電圧に比例して何倍かの電圧を選び、耐電圧試験ができるので合理的であることが了解されると思う。

4.4 新絶縁試験法における絶縁破壊の検出

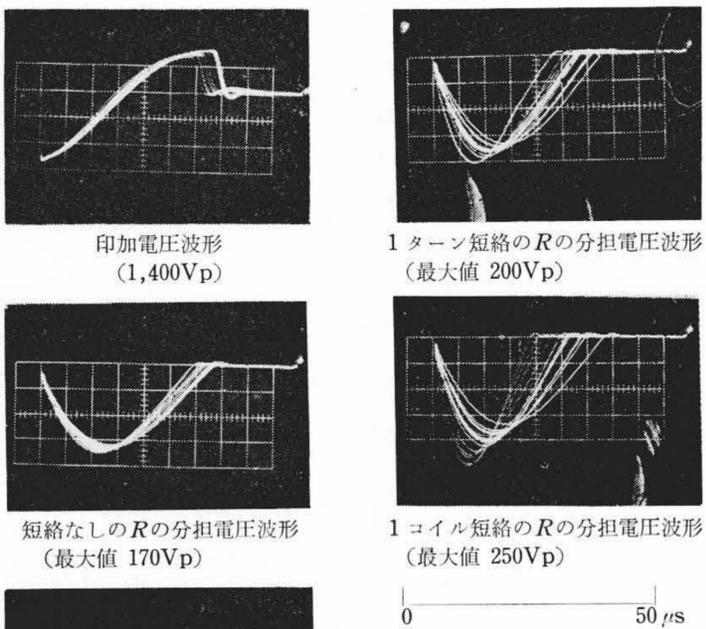
高速回転している電機子に衝撃電圧を印加するとして、たとえば24個の整流子片があるものを20,000 rpmで回していれば、二つの刷子がそれぞれ同じ整流子片に接触している時間は125 μsとなり、



第10図 電機子1台の場合の回転衝撃電圧試験回路



第11図 電機子の印加電圧に対する対地間
ならびにコイル分担電圧

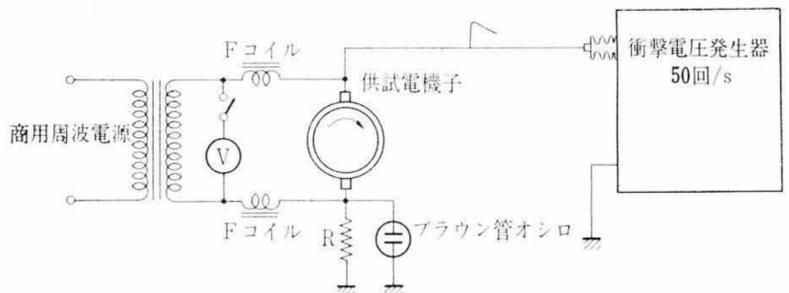


第12図 電機子1台のときの
故障検出波形 (固定子なし)

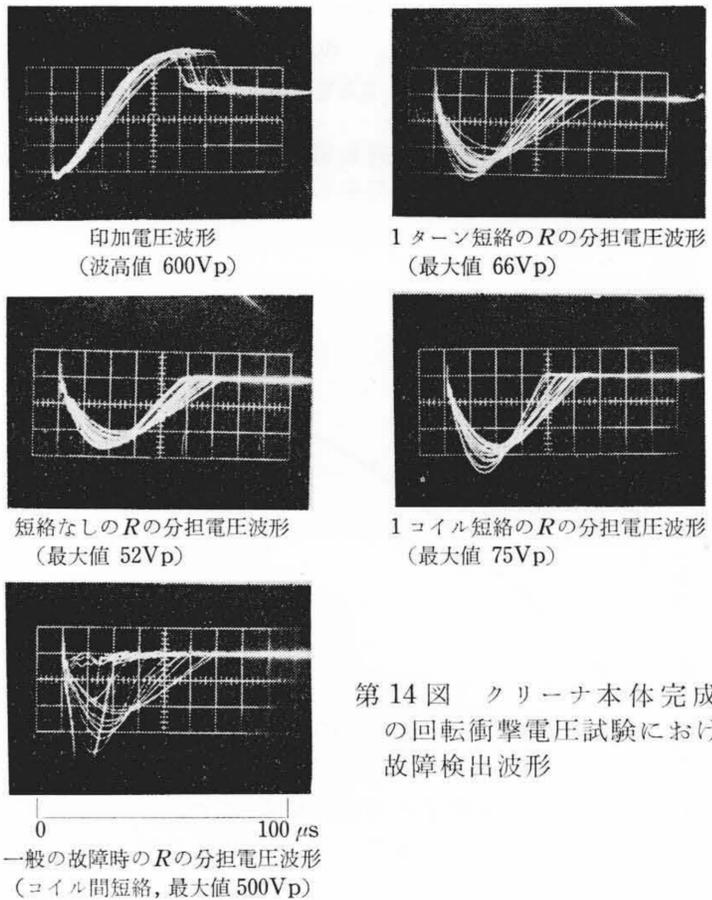
一般の故障時のRの分担電圧波形
(コイル間短絡, 最大値 1,170Vp)

刷子の幅を考慮して $100 \mu\text{s}$ 以内に試験が終了しなければならない。さいわい衝撃電圧では $10 \sim 100 \mu\text{s}$ の間に電圧を印加し、巻線がその電圧に耐えたかどうかの破壊の有無の検出を行なうことができる。しかし供試機が回転しているため静止状態よりは現象が複雑となるので、破壊の検出について種々検討したが、それらの概要について以下に述べる。

クリーナ用電機子は重ね巻き結線であるが、検出感度が良好であり、第10図のように直列に抵抗 (R は試料のインピーダンスに応じて適当な抵抗値を選ぶ) をそう入してそこに現われる電流波形の変化によって短絡の有無を知ることができる。この場合波形監視に



第13図 完成品の回転衝撃電圧試験回路

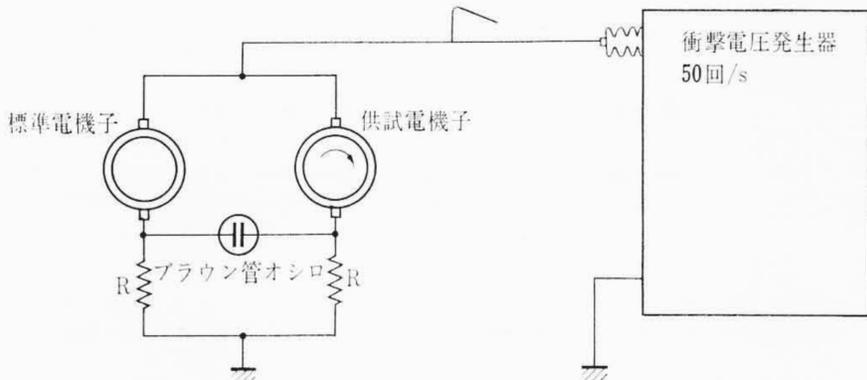


第14図 クリーナ本体完成品の
回転衝撃電圧試験における
故障検出波形

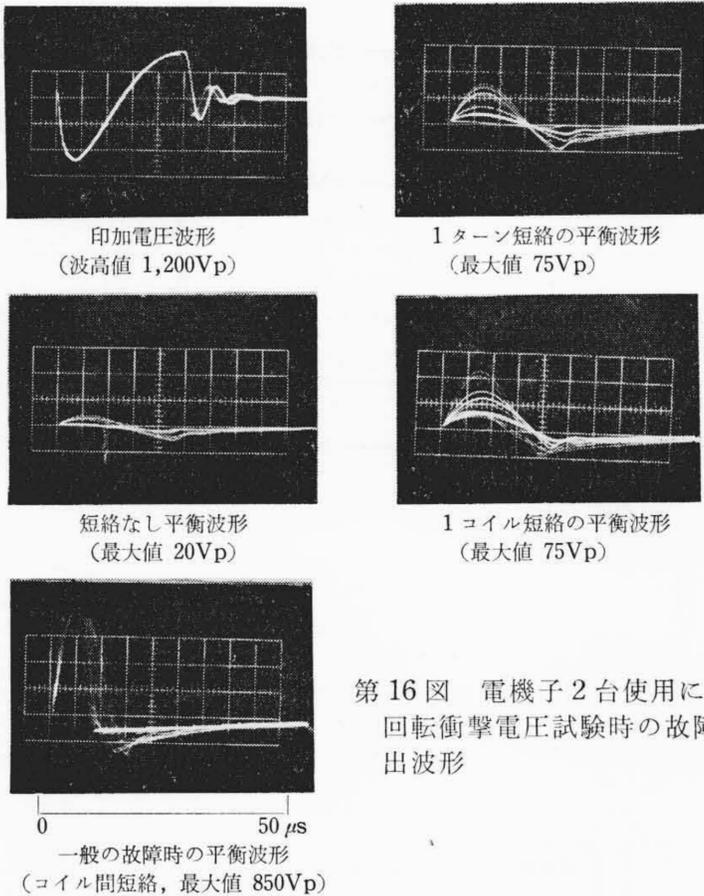
適当な抵抗をそう入しても試料には 98% の電圧がかかるが、衝撃電圧印加時の対地電圧、コイルの分担電圧の最大値の分布は第11図のとおりである。第10図の試験回路により電機子を回転させておいて衝撃電圧を加え、巻線間短絡の有無による電流波形の変化を第12図に示した。1ターン短絡は巻線時に1ターンの端子を特別に出して作り、これを短絡した場合である。1コイルの短絡は隣接する整流子片を短絡したものである。図中短絡なしの場合の波形にいくぶん幅があるのは、電機子が回転することによって電圧印加用の刷子ならびに R 側の刷子によって、隣接整流子片間を短絡するときがあるためである。これに比して1ターンの短絡でも大きく波形が変わるので、短絡の有無を明確に判別することができる。なおこのような1ターンあるいは1コイルの短絡は実際にはほとんど現われず、大部分は交差しているコイル間の短絡であり、短絡の有無はいっそう明瞭である。またクリーナ本体に組込んで自力回転して試験する場合は第13図の回路で行なえばよく、短絡の検出波形は第14図のとおりである。いずれも短絡すると波高値が高く、波尾のつまった波形が混入してくるので区別される。

さらに電圧平衡法を適用すれば短絡の有無がいっそう区別しやすくなる。その回路は第15図であり、標準電機子は停止しておき、供試電機子のみを加熱し、高速回転して試験すればよく、そのときの波形を第16図に示した。短絡なしのとき、ほとんど零線と少しく不平衡の電圧とが見られるが、二つの電機子の刷子による整流子片間短絡状態が同じか異なるかに基づくものである。この場合のほうが短絡の検出感度はすぐれているが、重ね巻きコイルは電流波形の監視で十分判別できる。

単重波巻き結線の例としてダイナモの電機子について同様の検討



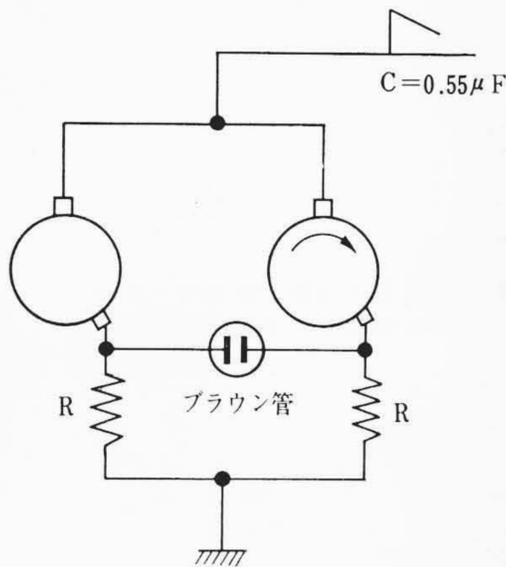
第15図 電機子2台の場合の回転衝撃電圧試験回路



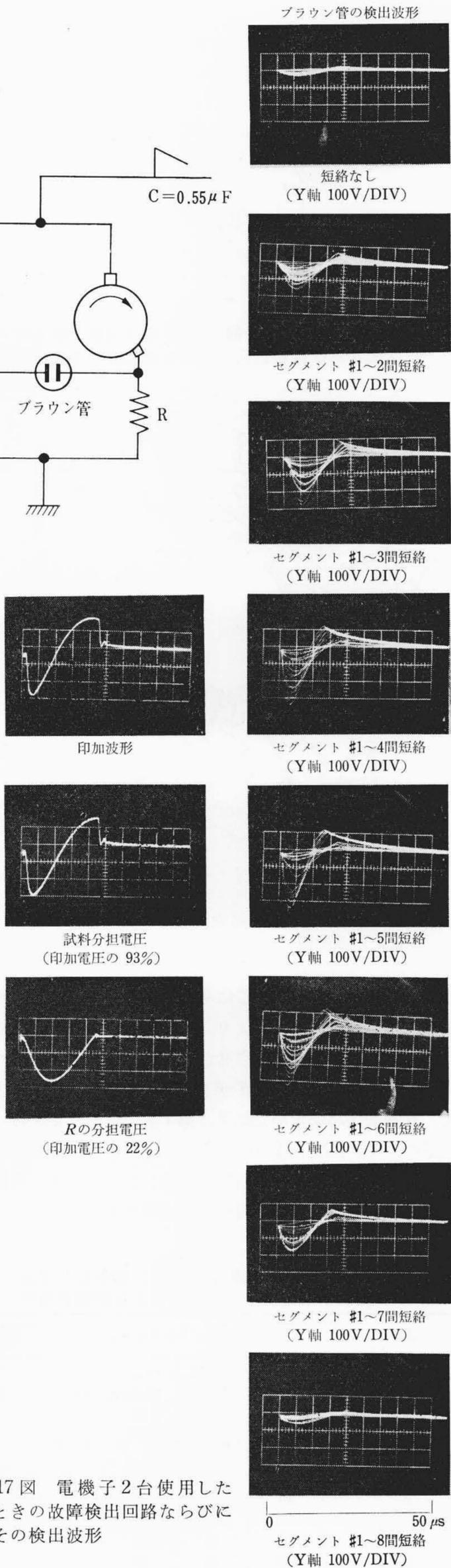
を行なったところ、ターン間短絡の検出感度が重ね巻き結線の場合よりも悪くなるが、第17図のように平衡法で行なえば同図に示したとき検出波形が得られる。セグメント #1-8 間の短絡が1コイルの短絡の場合であるが、短絡なしの波形が安定しているので十分差を識別できる。しかし1ターンの短絡ではこの60% ぐらいに短絡時の波形が小さくなるので見分けにくい。実際に破壊する場合は1ターン短絡はまったく起こらずほとんどがコイル間短絡であって十分短絡の検出感度があり実用上必要はないが、さらに厳密に1ターン短絡をも検出したい場合は第18図のように、2個のサーチコイルを電機子コアに配置して、これに誘起する電圧の平衡法を併用すればよい。コの字形のダストコアに0.5φ PVF線を300ターン巻いたサーチコイルを第19図のように配置して、巻線内の各1コイルを短絡すると、衝撃電圧印加時の誘起電圧平衡波形は第20図のように変化し、サーチコイルが短絡コイルにまたがったときに大きな波形となり、1ターン短絡でこの60% ぐらいに小さくなくても十分差を見分けることができる。ここではわかりやすいように静止して実験した波形を示したが、回転して測るときは重なってこれらの波形が現われるわけである。

以上は破壊の検出が困難なターン間、コイル間の検出感度について主として述べたが、対地間の絶縁破壊が起こればより高感度に検出できることはもちろんである。

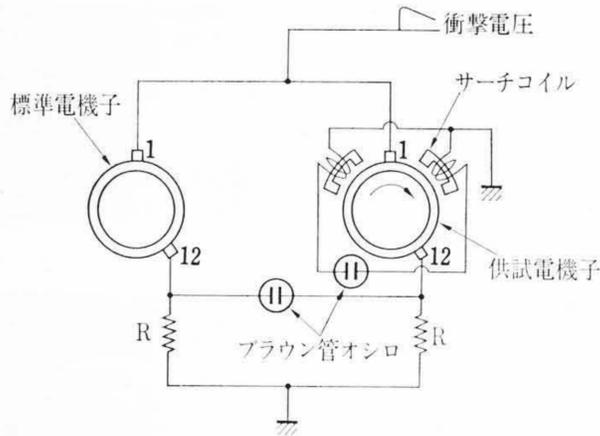
4.5 新絶縁試験法による小形電機子の絶縁試験結果および検討
クリーナ用電機子について、マグネットワイヤと処理ワニスを変え、寿命が十分でないものAと十分であるものBとを製作し新絶縁試験法によって短期間に絶縁性能を比較した。組立て後の電動機を



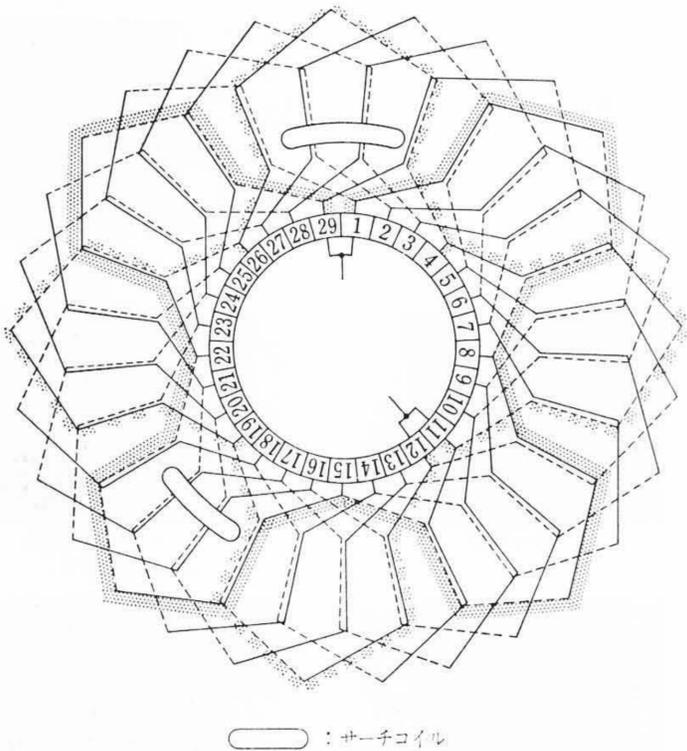
第17図 電機子2台使用した
ときの故障検出回路ならびに
その検出波形



Fan 入口密閉状態で100Vで運転すると、回転数は18,500 rpmである。まず供試品のコイル温度20°Cで約100 rpmで回転させ衝撃電圧を印加して健全であることをたしかめた後印加電圧を切り、ファン入口を密閉した状態で運転してコイル温度を上昇した。運転時



第18図 電機子2台使用の回転衝撃電圧試験回路にサーチコイルによるターン間短絡検出回路を併用した場合の結線図

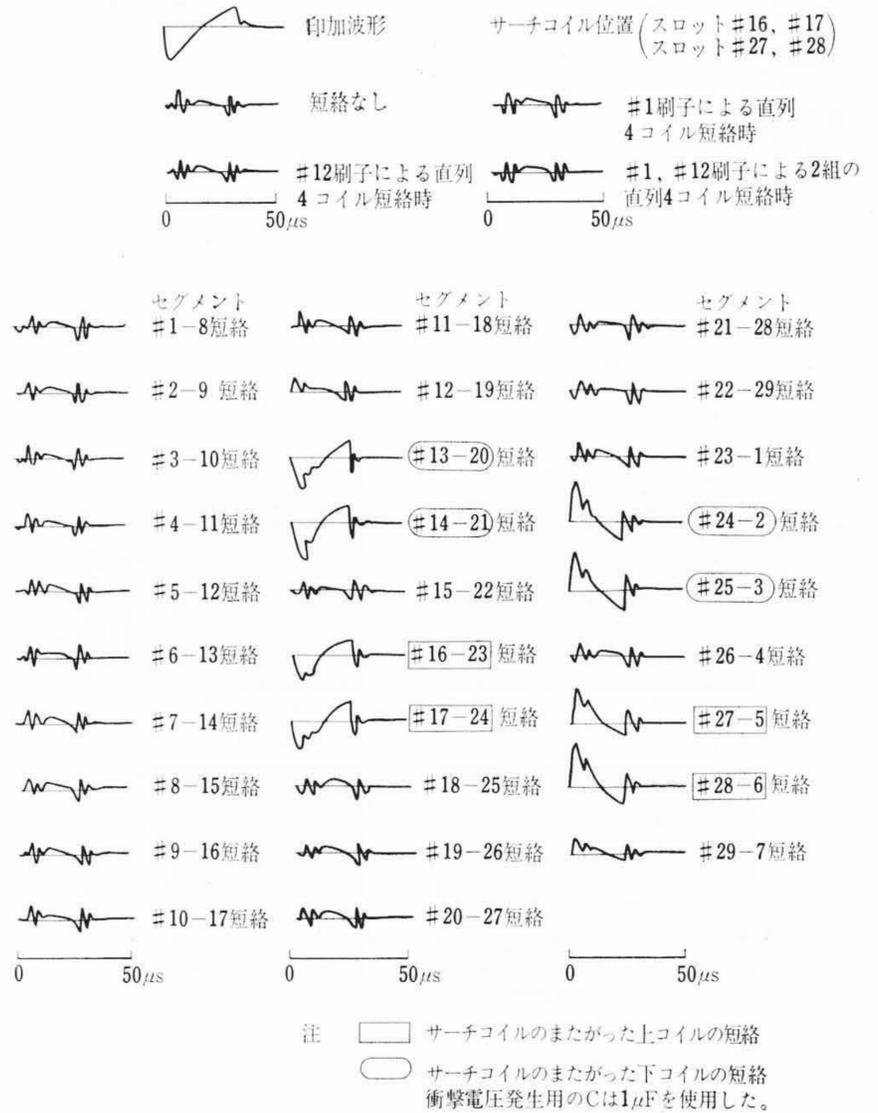


第19図 供試電機子結線図ならびにサーチコイルまたがり位置

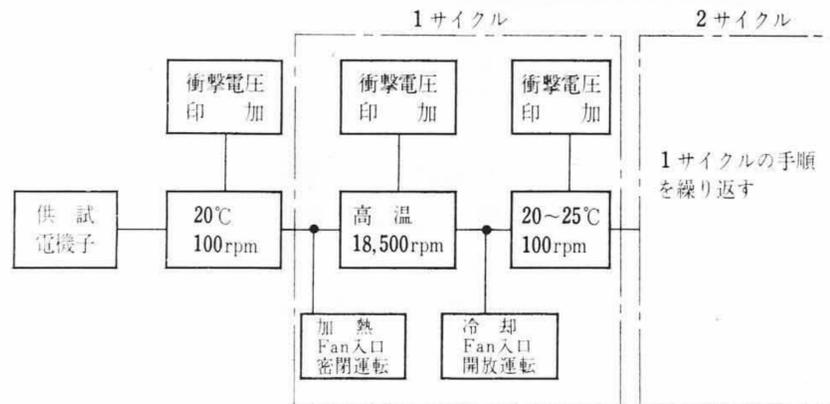
間をかえて65, 90, 110, 120°Cにそれぞれ達した後同じく衝撃電圧を印加して電流波形の監視により、絶縁破壊の有無を調べる。合格すればファンを開放して冷却させた後100 rpmで回転させて、また衝撃電圧を印加する。これを1サイクルとして第21図のように繰り返して、絶縁破壊率を求めた結果は第1表のとおりである。なお別に電機子のコイル温度を130°Cに上昇させた後100 rpmでゆっくり回転させておいて同じく衝撃電圧を印加したときはA, B試料とも10回くり返し試験したが、絶縁破壊率は零であった。

第1表 クリーナ電機子の温度、回転数を変えた場合の一定衝撃電圧印加による絶縁破壊率

供試品		実用寿命が十分でないもの				実用寿命が十分なもの
試験条件	コイル温度(°C)	65	90	110	120	120
	回転数(rpm)	18,500	18,500	18,500	18,500	18,500
	供試品数(個)	10	10	20	20	10
くり返し試験回数	絶縁破壊率(累積%)					
1	10	0	45	40	0	
2	10	10	65	55	0	
3	10	40	75	70	0	
4	10	40	80	80	0	
5	10	40	80	85	0	
6	10	50	85	85	0	
7	10	50	85	90	0	
8	10	50	85	95	0	
9	10	50	85	95	0	
10	10	50	85	100	0	
備考					50回まで破壊なし	



第20図 2スロットにまたがる2つのサーチコイルによるコイル短絡の検出波形



第21図 クリーナ電機子の温度、回転数を変えた場合のくり返し試験手順

以上の結果によると実用寿命の短いものはコイル温度が高く、しかも回転数の大きいときに絶縁破壊率が大きくなるのがわかる。これはコイル温度の上昇により、不良絶縁の場合コイルを固着しているワニス膜およびエナメル膜が軟化し、この状態でコイルに遠心力が作用してコイルが外側方向に動き、局部的に素線間あるいは素線-鉄心間が圧縮されて絶縁破壊するものと考えられる。良好なマグネットワイヤと処理ワニスの組合せ品は50サイクルまで最も過酷な試験を行なっても異常ないので、本試験法によって短時間のうちに不良品を適確に検査できることがわかった。

このような試験法は過酷な条件をつくれれば必ず絶縁破壊するものであり、その条件は実用状態で遭遇するものから、あまりかけ離れては試験結果が実用寿命と一致しないものとなる。一例をクリーナ用電機子について、ここに示した条件も120°C, 18,500 rpmは実際に遭遇しうる条件であり、運転電圧で回したのでは結果が出るまで長期間を要するが、衝撃電圧印加による耐電圧試験をこの状態で行なうことにより短期間に結果を知ることができることがわかった。

これらの試験電圧、温度、回転数などの適正值は実用寿命を考慮して経験的に修正を行なう必要があるが、実用状態を適確につかめばおのずから定められるものである。

また本試験は運転電圧による過度の過酷条件によるヒートサイクル試験と異なり、試験による絶縁の損傷がないから製品の全数検査に使用することができ、出荷製品のクレームは激減し信頼性を一段と向上しているものである。

5. 結 言

回転機の衝撃電圧試験について、先に発表した以後の経過を含め衝撃電圧試験の意義について報告したが、大形電機品の試験の必要性から始められた衝撃電圧試験は、現在では絶縁の改良によりそれほど意義はなく、むしろ小形電機品の試験において活用され実効果をあげている。

特に家庭用電器品、電装品、電動工具などに用いる回転機の電機子は大形電機品に見られない過酷な条件で使用されるものであり、これの絶縁改良、品質保証のために実用寿命に一致した短期間に行

なえる試験法として、衝撃電圧を利用する新絶縁試験法を開発し、過負荷のみによる運転試験に見られない特長が明らかになった。新試験法はこれら製品の試験に実用され顕著な効果をあげている。

終わりにご指導とともに新試験法の活用を促進くださった日立製作所本社三浦倫義博士、ご鞭撻とともに発表の機会を与えられた日立製作所多賀工場白石正邦、大屋三郎、日立工場田附修の各部長に厚くお礼申し上げます。また実験に協力くださった多賀工場、日立工場、日立研究所の関係諸氏には深く感謝の意を表するものである。

参 考 文 献

- (1) 富山 (回転機衝撃電圧試験委員会): 電気学会誌 75, 802, 720 (昭 30-7)
- (2) 井上, 棚橋, 小川: 実用新案第 581399 号 (昭 38-1-26)
- 磯部, 赤松, 宮本, 岡: 実用新案第 538287 号 (昭 36-6-12)
- (3) 井上: 特許第 311611 号 (昭 38-10-28)
- (4) 井上, 沢田: 日立評論 37, 697 (昭 30-4)
- (5) D. N. Summerfield: Insulation, Vol. 10, No. 2, 24 (1964-2)
- (6) 特許申請中



特許第409426号

特許の紹介



高林 乍 人

同期—同期周波数変換機の負荷分担調整装置

この発明は同期電動機で同期発電機を駆動し周波数を変換する同期—同期周波数変換機を2台以上並列運転する際の負荷分担を調整する装置に関する。

第1図は同期機のベクトル図で I は同期機電流, X は同期機インピーダンス, E_t は端子電圧, E_0 は内部誘起電圧, θ は E_t と E_0 の位相角である。いま出力を P とすれば $P = \frac{E_0 \cdot E_t}{X} \sin \theta$ であるから、負荷の分担には2台の相対的な機械角度を変化させて位相角 θ を変化させる方法と E_0 を変化させる方法が考えられる。 E_0 を変化させるのは簡単であるが、無効電力が大きく変化して都合が悪い。一方位相角 θ を機械的に変化させるのは構造上の問題がありあまり良い方法ではない。

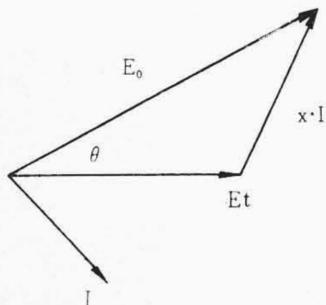
この発明はこの問題を解決する有用な装置を提供するものである。

第2図は本発明の一例を示す接続図で M_1, M_2 は同期電動機, $G_1,$

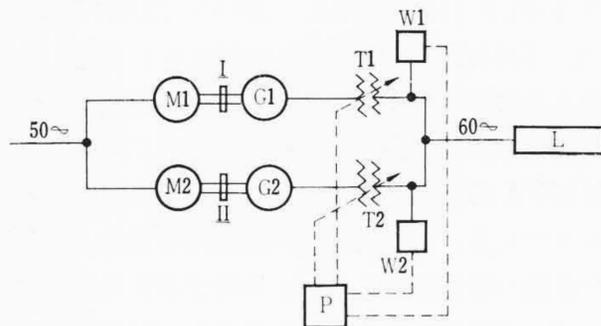
G_2 は同期発電機, T_1, T_2 は移相変圧器, W_1, W_2 は電力測定装置, L は共通の負荷, P は位相調整装置である。 M_1, G_1 および M_2, G_2 がそれぞれ直結運転され、変圧器 T_1, T_2 を介して負荷 L に給電するわけであるが、この発明ではそれぞれの出力を W_1, W_2 により検出して負荷分担を変更したいときは位相調整装置 P により移相変圧器 T_1, T_2 の位相を移し θ を変化させ出力を調整するものである。すなわち、たとえば電力の大きいほうの移相変圧器の位相をその発電機側で遅らせるというごとき方法により各周波数変換機に的確に負荷を分担せしめるものである。

このようにこの発明では電氣的に θ を変化させることとしたので、機械的制約を受けることなく容易に負荷分担の調整が可能となりさらに円滑なる並列運転を行なうことができる。

なお移相変圧器としてはたとえばタップ付の多相変圧器を使用すればよい。(福島)



第1図



第2図