

発 電 機 用 材 料 の 進 歩

Progress of Materials for Generator

森 昌 夫* 磯 部 昭 二*
Masao Mori Shōji Isobe

内 容 梗 概

最近の水車発電機用材料の進歩は目ざましく、特に絶縁材料、磁性材料の進歩は著しい。固定子コイルは合成樹脂系のワニスを使用し、寿命、特性上旧来のコイルに比較してすぐれたものとなった。界磁コイルも最近の機械の大容量高速度化にそなえ、いっそう信頼性の高いものになった。また磁性材料の進歩により、大容量機の製作もさらに有利となり、構造材料の発達によりさらに高速大容量機の製作がさらに容易となった。

1. 緒 言

水車発電機の構成材料は、大別すれば構造用材料、絶縁材料、導電材料、磁性材料などがある。このうち特に進歩の大きいものは、絶縁材料と磁性材料である。最近の合成化学の進歩は著しく、これを応用した絶縁材料の進歩はきわめて顕著であり、この進歩をとりいれ、水車発電機の絶縁材料も大幅に改善された。また磁性材料の品質向上は目ざましく、ここ数年相次いで新品質が発表され、採用されている。また、構造材料においても、磁極鉄心および継鉄用の高力鋼、超高力鋼の使用、主軸用としての低合金鍛造品の発達、合成樹脂によるプレーキライニング、各種パッキングの進歩などがある。

新材料の使用は、新設計、新工作法を生み、また新設計、新工作法は新材料を要求するというように、互に均密な関係を保ちつつ水車発電機の進歩を促している。また新材料の使用に際しては、従来の材料との比較試験を十分に実施し、その使用を決定している。このため、最近の大容量化、高速化の要求に答え、すぐれた発電機をなんらの不安なしに製作できるのである。

2. 固定子コイル用絶縁材料

固定子コイルの絶縁は、水車発電機中最も進歩した部分である。最近の合成化学の粋を取り入れ改良した材料を使用し、すぐれたコイル絶縁を行っている。これについてはすでに発表された文献⁽¹⁾もあるので大略とその後の進歩について述べる。

2.1 旧式コイル絶縁材料

従来の水車発電機用コイルの絶縁ワニスおよびコンパウンドは天然樹脂のものが主体として使用されていた。すなわち、マイカペーパーの接着バインダにはシェラック、コーパル、ロジン、アスファルトなどが適宜に使用されていた。含浸剤としては、アスファルト系コンパウンドが盛んに使用された。また、絶縁塗り込み用としてはアスファルト系ワニス、フェノール樹脂系ワニス、シェラックワニスなどが使用され、表面仕上げワニスにはやはりアスファルト系ワニスを使用されていた。これらの使用方法として、アスファルトコンパウンド注入のみの湿式絶縁、ワニス塗り込み焼付方式の乾式絶縁、および湿式と乾式の両者の長所を合わせた半乾式絶縁（日立製作所が以前製作していた絶縁法）とがあった。

これらは、すでに長年月使用の実績を有しているすぐれたものではあるが、最近のように大容量、高速度の水車発電機が製作されるようになると、鉄心の積層が高くなり、調整池をもつ大容量発電所では、発電機の運転、停止がひんぱんに行われるため、天然樹脂のもつ熱軟化性のため銅線の熱膨脹収縮による絶縁の移動ふくれなどの悪影響がでてくる傾向にある。

* 日立製作所日立工場

2.2 新しい合成樹脂を使用したコイル絶縁の登場

旧来の天然樹脂系の絶縁含浸結着剤の欠点を補うべく登場したものが、新しい合成樹脂を使用したコイル絶縁である。この新しい合成樹脂は、戦後著しく発達した合成化学の粋を取り入れたもので、従来の含浸結着剤の概念とまったく趣を異にするものである。

すぐれた電氣的、機械的特長のほかにその大きな特長は、硬化したあとは加熱しても軟化しない、いわゆる熱硬化性であること、従来のワニスのように溶剤を必要とせず、硬化に際し揮発分をまったく発生しないいわゆる無溶剤形であることである。

2.3 SLS 絶縁コイル

SLS絶縁コイルは前述のように、最近の発電機固定子線輪の長大化とひんぱんなヒートサイクルに対応すべく日立製作所において、研究開発された絶縁である。熱硬化性、無溶剤形を原理とし、これに加えるにすぐれた電氣的、機械的特性などをもったものである。日立製作所では、戦後いち早く、この絶縁の開発に着手し、幾多の試作研究を進め、昭和26年に試作コイルによる検討の結果、昭和27年から一部製品に対し応用し、昭和33年初めから新コイル工場の完成をまって、全面的に発電機コイルの絶縁をSLS方式に切替えた。なお一方わが国および欧米各国の電機メーカー^{(2)~(8)}も、各社ともいろいろと特色はあるが、大体この方向へ進んでいる。

2.3.1 SLS コイル用主絶縁材料

(1) マイカテープ

一般に高圧回転機用コイルの主絶縁材料には、従来からマイカが使用されてきたが、耐電圧、耐熱性、耐コロナ性などの点から、また過去の実績からいって、マイカにまさるものは見出されない。SLSコイルには、気泡のない良質のはがしマイカを使用している。

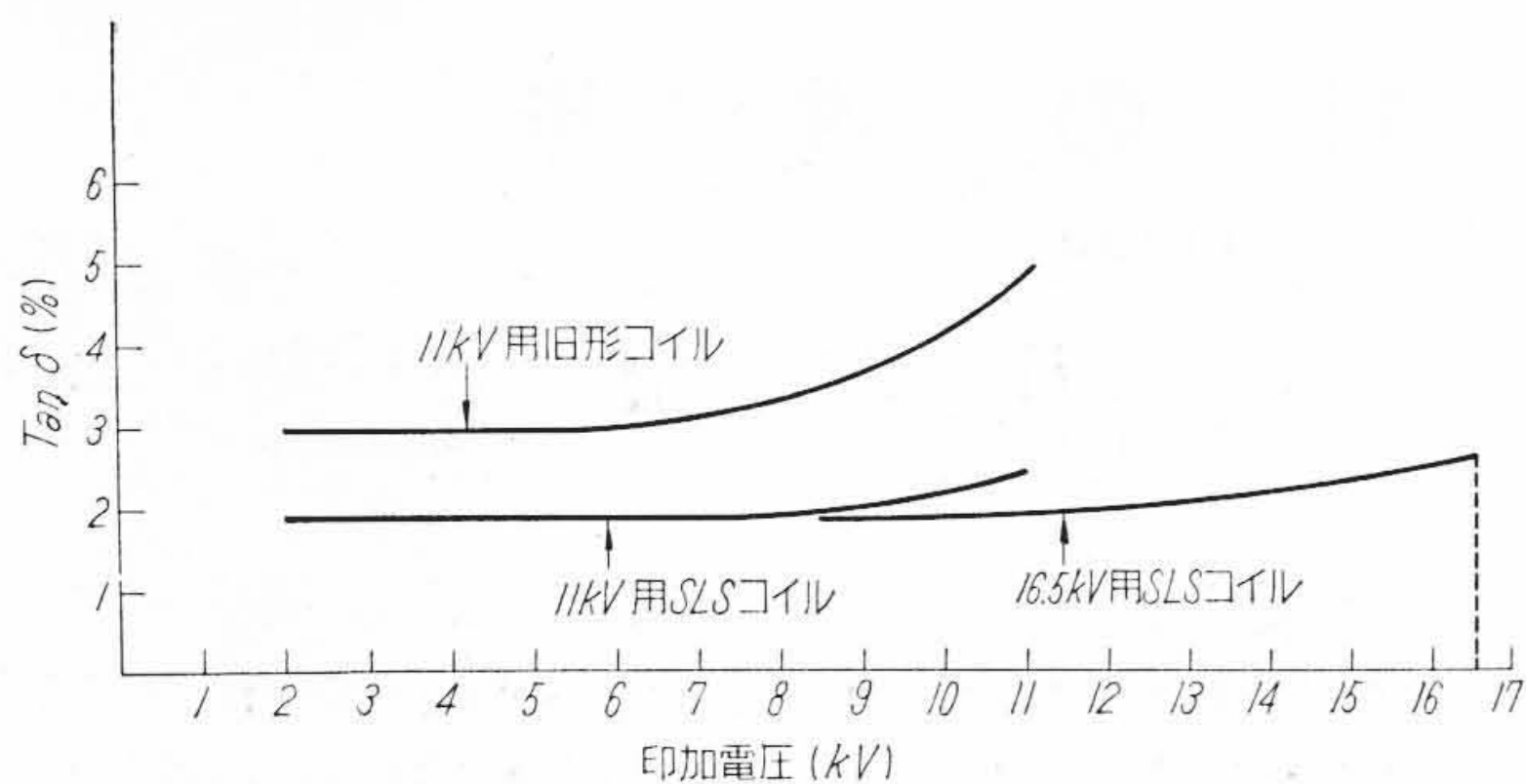
マイカテープは裏打材にマイカ片を、SLSワニスに最も適合した特殊バインダをもって接着して作る。マイカバインダはSLSワニスに適合するばかりでなく、マイカテープを巻きつけるときの作業性にも関係するので、この点も重視して作られたものである。

(2) SLS ワニス

SLS樹脂は、特に高電圧コイル用として合成された、いわゆる不飽和ポリエステル樹脂である。この原理は前述のとおり、熱硬化、無溶剤形である点である。このワニスは電氣的、機械的特長がすぐれているばかりでなく、作業性、耐熱性、耐油、耐薬品性も考慮して合成されたものである。

(a) 粘 度

SLSコイルはマイカテープを多数回巻付けられて製作されるが、SLSワニスはこのマイカ層の深部まで、含浸されねばならない。またSLSワニスはその原理からいって加熱含浸はできないので、常温において、含浸に必要なだけ低粘度である必要がある。



第1図 SLS コイルと旧形コイルの誘電体正切 ($\tan \delta$)-電圧特性の一例(常温測定)

この点従来のコンパウンドとはまったく異っている。

(b) 硬化

SLS ワニスは、いわゆる重合反応により硬化するため、硬化時にはなんら揮発分を発生しない。このため絶縁層内には空隙が発生する可能性が少なくなり、コイル絶縁の電気的特性をより良好なものとする。

(c) 電気的特性

硬化後の SLS ワニスの電気的特性として特筆すべきことは、誘電正接値 ($\tan \delta$) が低く、かつその温度による影響が少ないこと、絶縁抵抗が高いことである。

(d) 機械的特性

硬化後の SLS ワニスの機械的特性は、引張りに強く、かつ柔軟性を有する点が特長である。従来のコンパウンドは、熱軟化性のため、高温においては、機械的特性は保持できぬが、SLS ワニスは高温においてもすぐれた機械的特性を維持している。

(e) 耐油、耐薬品性

従来のコンパウンドや天然樹脂系の結着剤は油に可溶のものが多いため、これを使用した絶縁に油がつくと膨潤する。しかし SLS ワニスはまったく油にとけないので、これを使用した絶縁は油におかされることはない。また SLS ワニスは耐酸性に富む。

(3) SLS コイルの特性

SLS コイルの特性を説明するために従来のコイルとの比較をすることが必要である。もちろん従来のコイルは長期間使用されたすぐれた成績をもっているが、次に述べるように SLS コイルは、それよりも一段とすぐれた特性をもっている。

(a) 誘電正接 ($\tan \delta$)

絶縁物中の空隙の存在を知る方法として、誘電正接の電圧特性を測定することがよい。

従来の絶縁では、コンパウンド処理の困難、塗り込みワニスの関係で比較的多くの空隙が絶縁層の中に存在していたが、SLS コイルは、低粘度による注入の簡易さと、SLS ワニスの無溶剤形のために、絶縁層内の空隙は従来のコイルに比較してきわめて少なくなっている。このため誘電正接の電圧に対する変化は、従来のコイルに比較して良好となっている。第1図はその一例を示すものである。

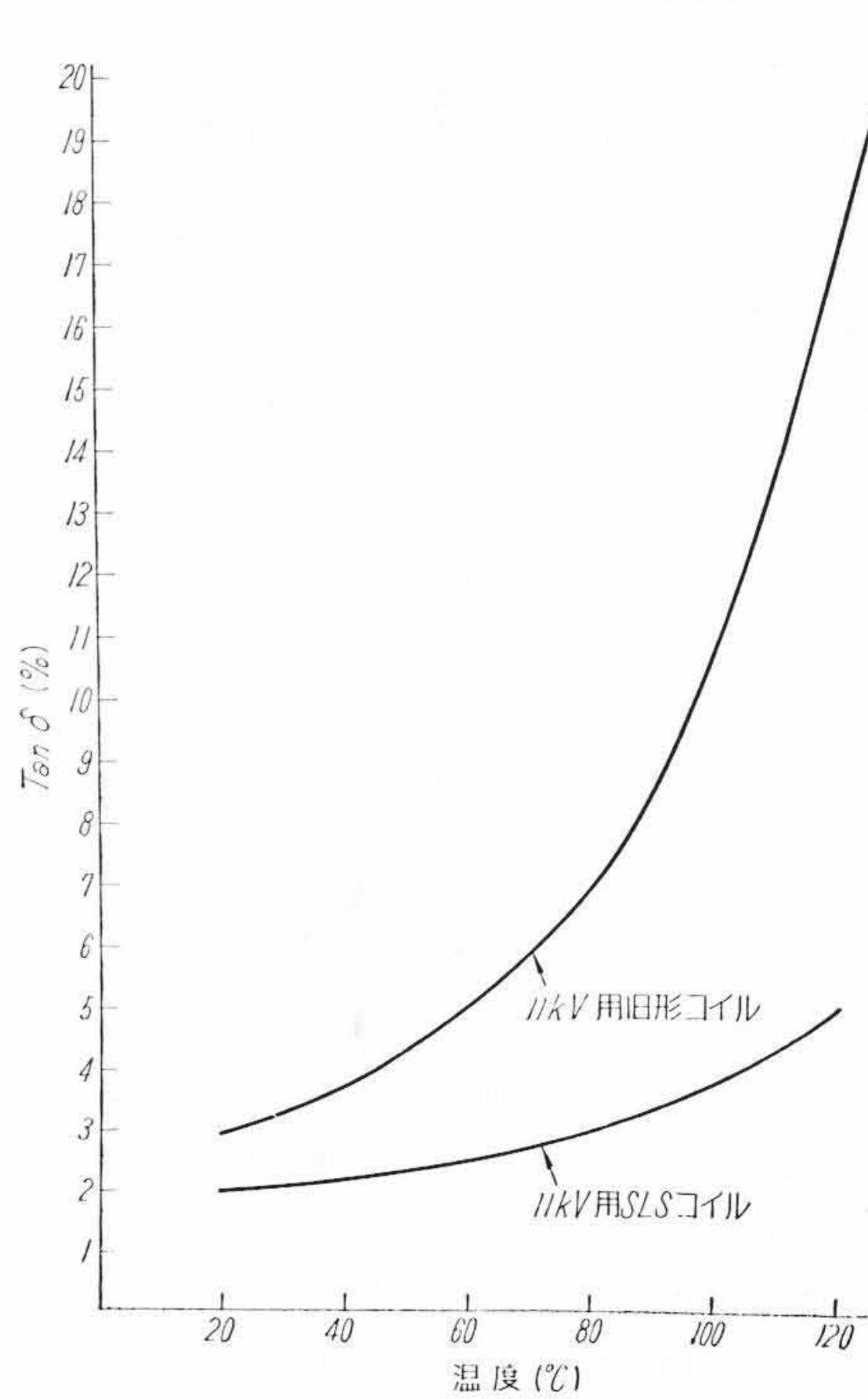
また、誘電体正切の温度による影響も、従来のコイルに比較して少なくなっている。第2図はその一例を示すものである。

(b) 破壊電圧

SLS コイルの破壊電圧は同じ絶縁厚みのものについては、従来のコイルよりも約20%向上している。この理由は絶縁層内の空隙が少なくなった結果である。

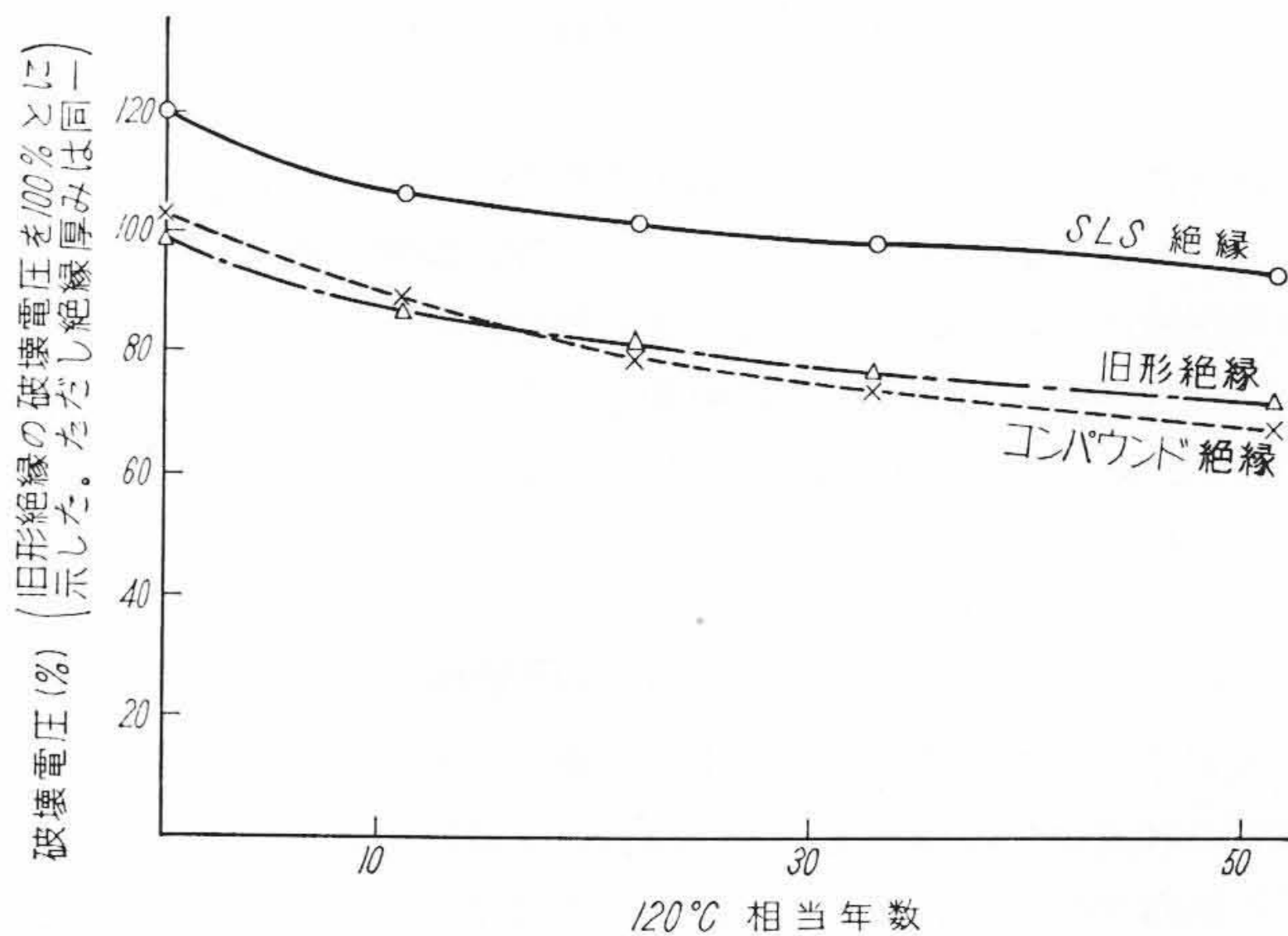
(c) 耐熱性

従来のコンパウンドコイルは、約100°Cになるとコンパウンドの熱軟化性のため、コイル絶縁層がふくれるが、SLS コイルは、



(2kV 測定)

第2図 SLS コイルと旧形コイルの誘電体正切 ($\tan \delta$)-温度特性の一例



第3図 破壊電圧の熱劣化特性

熱硬化性のため、そのようなことはなく、十分B種絶縁の許容値まで使用可能である。また、熱劣化による絶縁破壊電圧の低下も従来の絶縁に比較してすぐれている。第3図は強制加熱劣化させた場合の破壊電圧の低下を120°Cの相当年数に換算して示す。

(d) 耐コロナ性

SLS コイルは前述のとおり、絶縁層内の空隙が少ないため、コロナの発生が少ないが、コイルの長期使用に対する信頼度の点からは、絶縁材料が耐コロナ性でなければならない。SLS ワニス自体の耐コロナ性は従来の使用材料に比較してすぐれているが、SLS コイルの主絶縁はマイカであり、このマイカ自体の耐コロナ性は、従来の使用実績よりみて絶対的なものである。

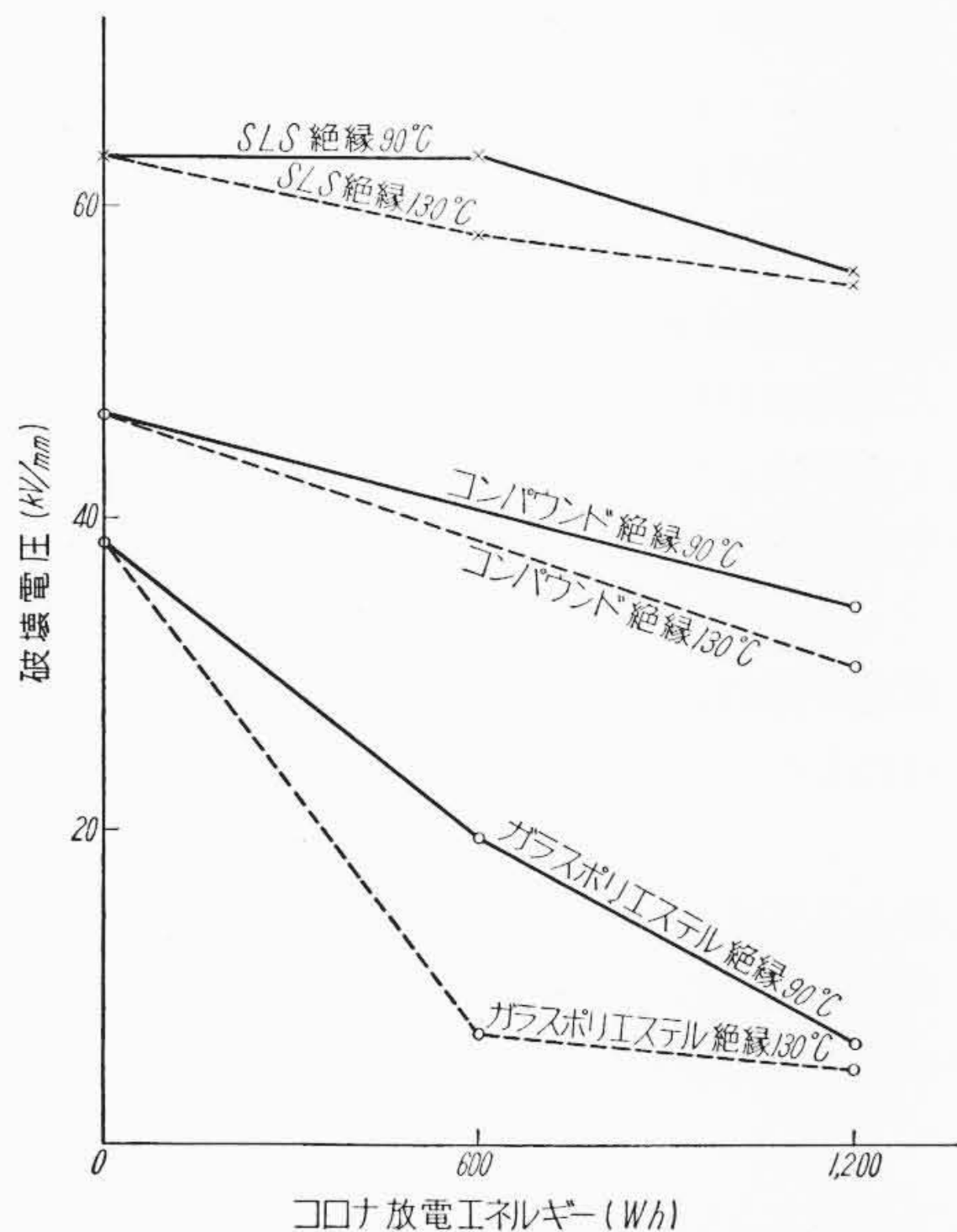
参考までにコンパウンド絶縁層のガラスクロスにポリエステル系ワニスを含浸させたポリエステルガラス絶縁層と SLS 絶縁層とを比較した。試験は I. E. C. 法に準拠した方法により実施した。

1.3~1.5mm 厚みのガラス板でセルを作り、放電間隙は1mmとしたものである。温度は90, 130°Cで実施し、周波数は1.5kcを実験の加速の意味で採用した。

試験装置の概要を第4図に示す。試験結果としては放電エネルギー



第4図 コロナ劣化試験装置



第5図 コロナ放電による絶縁層の絶縁強度の低下

第1表 絶縁層の引張強度 (kg/cm²)

温 度	20℃	100℃
S L S 絶 縁	581	300
コンパウンド絶縁	417	30

ギーと絶縁破壊電圧の関係を求めた。これから解るようにSLS絶縁の絶縁破壊電圧の低下は非常に少ない。一方まったくマイカを使用しないポリエステルガラス積層板ではその低下はきわめて大きい。

(e) 機械的特性

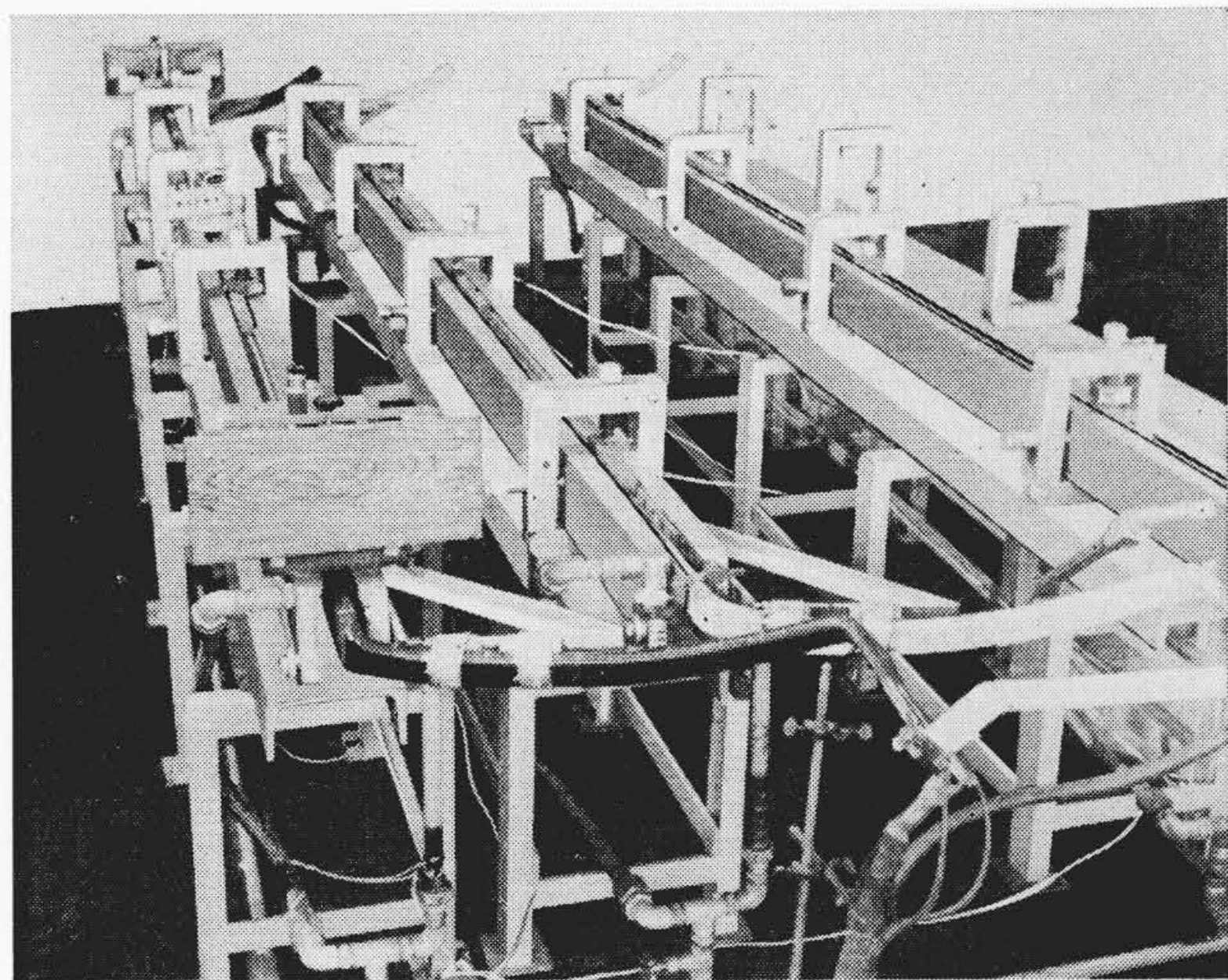
SLSワニスの機械的特性は前述のごとくすぐれているが、これを含浸させた絶縁層も非常に強じんで、温度上昇による引張強度の低下が少ない。第1表にコンパウンドコイル絶縁層とSLSコイル絶縁層の引張強度と温度の関係を示す。コイルが強じんであるゆえ、突発短絡事故によるコイルエンドの電磁反発吸引力に対してきわめて安全である。

(f) ヒートサイクル

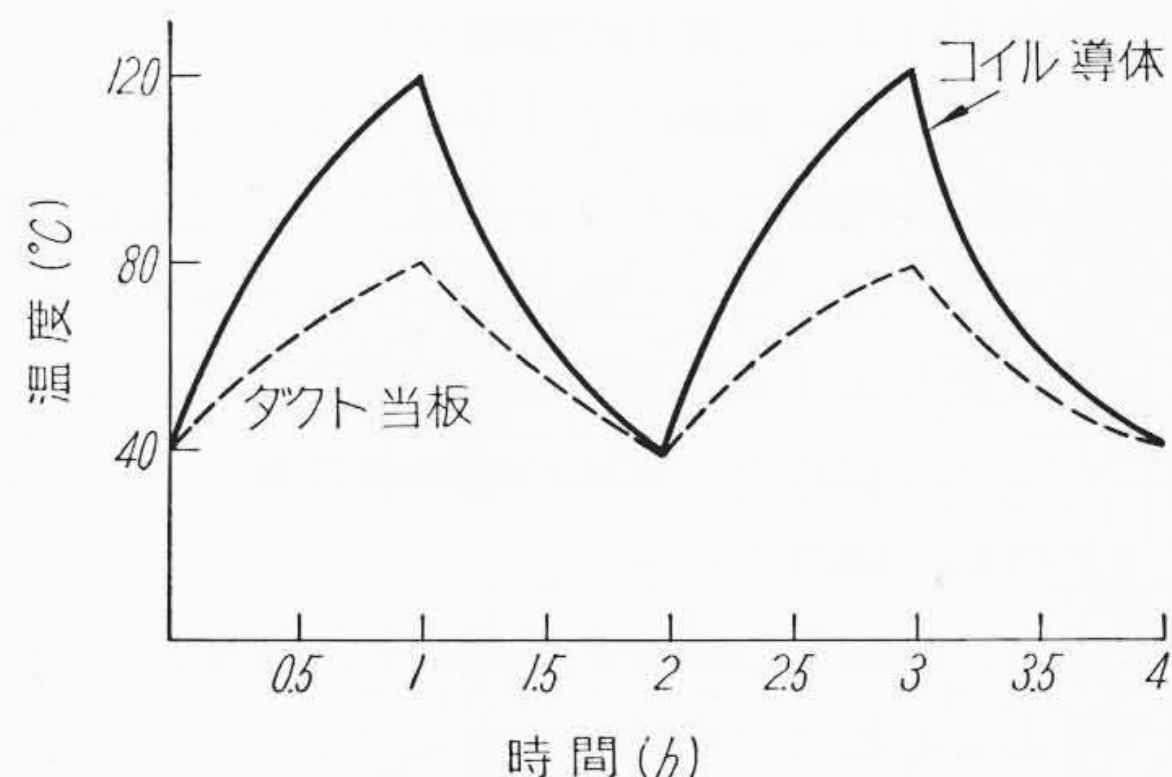
前述の機械的特性は静的のものであるが、運転中にたえず起こる導体の熱膨脹や収縮にたいし、絶縁層が導体に追従し、移動やきれつなどが発生してはならない。従来のコンパウンドや天然樹脂系の結着剤を使用したコイルでは、これらの熱軟化性のため絶縁層が移動し、スロット出口できれつ、はくりの現象が起きたことがあった。

SLSコイルにおいてはワニスの熱硬化性に加え、すぐれた機械的特性のため、十分に導体の熱膨脹収縮に追従し、絶縁層の移動やきれつを生ずることはない。

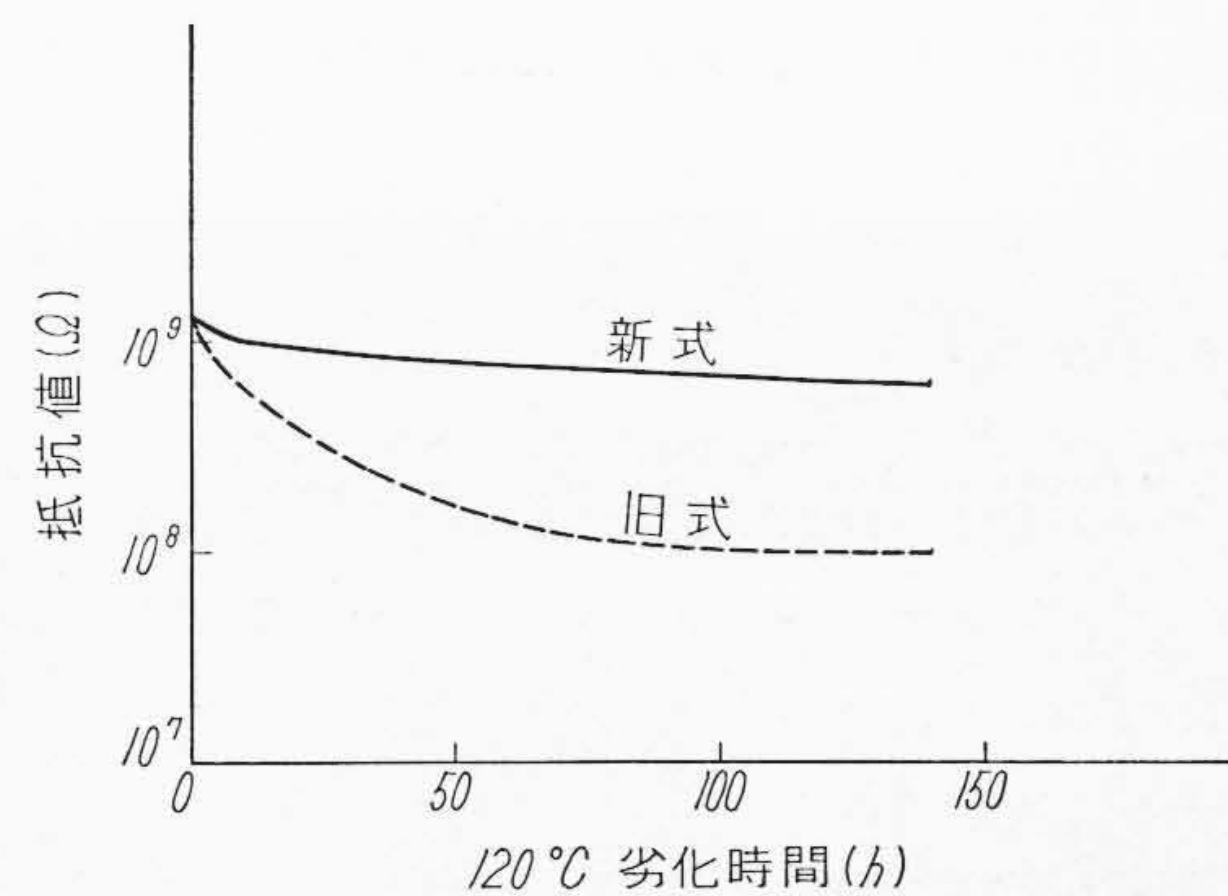
第6図はヒートサイクル試験装置であり、第7図はコイル導体の温度、ダクト当金の温度とヒートサイクル時間の関係を示すも



第6図 固定子コイルヒートサイクル試験装置



第7図 固定子コイルヒートサイクル試験のコイル導体と当板ダクト温度



第8図 半導体塗料の加熱による抵抗値の変化

のである。試料コイルは4.3 mのもので実施したが、従来の絶縁では1回目よりすでにずれが生じたのに反し SLS コイルでは1,000回のヒートサイクルにもかかわらず、まったくずれを生じなかった。

3. コロナ防止用材料

固定子コイルの鉄心出口における表面コロナの防止に関して、従来からカーボンまたはグラファイト粉を天然樹脂系ワニスの中に懸濁させた半導体塗料を塗布していたが、最近の合成樹脂の発達や、半導体材料の微粉技術の発達を取り入れ、温度上昇にともなう抵抗値の変化の少ないもの、また長年月使用して抵抗値の変化の少ないものをうるべく研究が進められ、旧来よりもすぐれた塗料を作ることができるようになった。第8図には加熱劣化による抵抗値の変化を新式と旧式を比較して示してある。

さらに、コロナ防止層の機械的強度を増加させるため、テープ塗

込み式を考案し実施している。これによるとコイル取扱中に受ける外傷に対しきわめて強固となり、外傷によるコロナ発生電圧の低下はほとんどない。また現在さらにコロナ防止層の安定を計るべく、中間抵抗層、さらに新材料を使用した半導体層の研究を実施し、将来の飛躍への準備を行っている。

4. 界磁コイル用絶縁材料

最近の水車発電機は大容量、高速化されてきたため、界磁コイルは長大となり、熱膨脹収縮の影響を大きく受け、また遠心力が大きくなるため大きな圧縮力を受ける傾向にある。従来の界磁コイル絶縁のように、天然樹脂系ワニス为主体として処理されたものでは、その熱軟化性のため、コイルの熱膨脹収縮によりとくに遠心力が最大にかかる上部ボビン絶縁の絶縁が破壊され易い。このため大形機に対して適切なる絶縁材料の選定、それを使用した絶縁法の改善が必要となった。

4.1 ボビン絶縁材料

ボビン絶縁のうち、上部すなわちギャップ側のものは、コイルの熱膨脹収縮と遠心力による圧縮力の影響を受けるもので、これに使用される材料は、機械的、熱的にも十分安定なものでなければならない。従来は、心金の周囲にシエラック系ワニスで結着されたマイカテープをシエラック系ワニスで塗りこみ、ガラステープで表面保護を行っていた。長大コイルになると、運転温度のためシエラックが熱軟化したところに遠心力、導体の熱膨脹収縮が加えられるのでマイカテープが移動、破壊され易い。

改良の主眼点は、熱硬化性結着剤を使用し、運転温度内において水車発電機で考えうる最大の圧縮力に耐え、いかなるコイルの熱膨脹収縮にも耐えることであった。幾多の材料が候補に選定され、それらを組合わせて、ボビン絶縁を作り、電気試験、ヒートサイクル試験および熱劣化試験を実施して材料およびその絶縁法を決定した。この結果選定されたものは、非磁性心金の周囲にガラステープを巻

付け、特殊フェノール系樹脂を含浸せしめ、さらに表面平滑のため、特殊フェノール系樹脂塗工布を表面に添付し、金形により圧縮成形したものである。

この新式ボビン絶縁と旧来のボビン絶縁の比較ヒートサイクル試験を実物大コイルについて実施した。コイルの長さは 3.5 m、コイル温度を 150°Cより 60°Cまで変化し、圧力は 67 kg/cm² (一般の遠心力の 3 倍) で、熱および圧力を同時に加え、あるいは開放する 1 サイクル 30 分のきわめてきびしいヒートサイクル試験 (第 10 図) を実施した。試験中はコイルの形状の変化およびずれを顕微鏡により観察した。1,000 回のヒートサイクル試験後コイルを分解点検し、新式絶縁がまったく損傷を受けないことを確認した。これに反し旧式絶縁は破壊されていた。

第 9 図はヒートサイクル試験装置の外観である。

4.2 大地絶縁材料

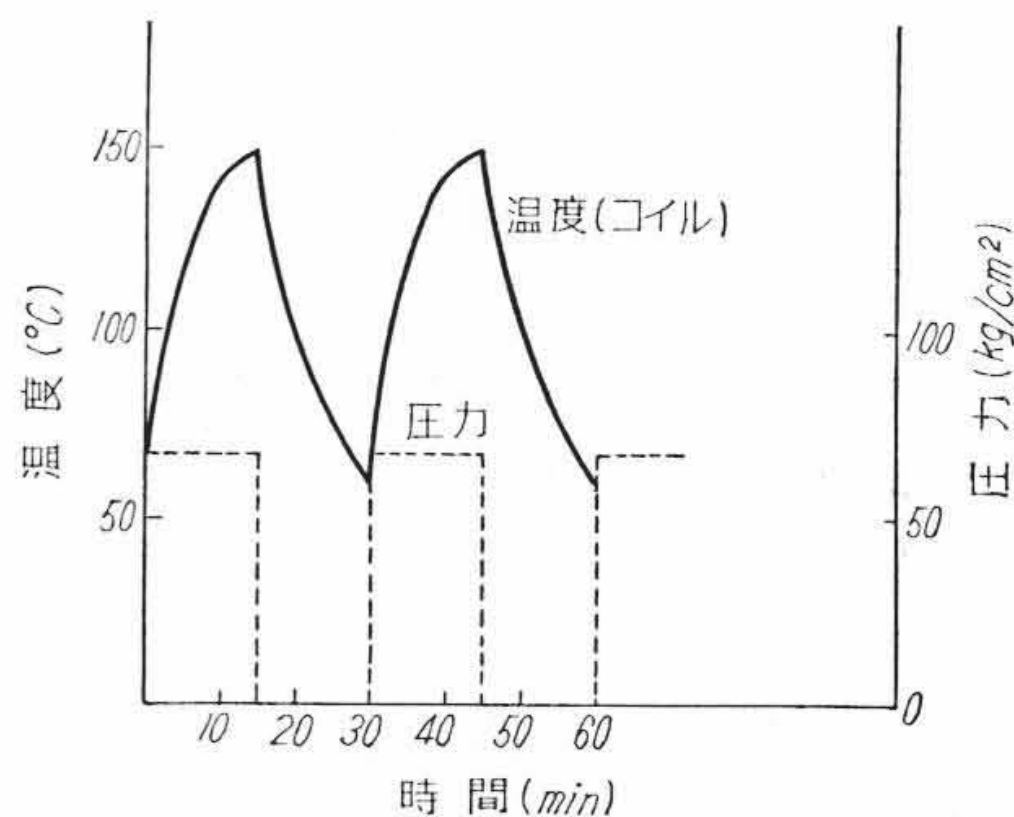
従来の大地絶縁材料は、マイカシートおよび紙繊維であるプレスボードなどを使用していた。プレスボードは、柔軟性の点、簡単に引きさけて厚み調整に便利な点で古くから使用されていたものである。

しかし最近の材料の進歩により、プレスボードに代るべき、絶縁性のすぐれたものができるようになり、界磁コイルに使用されている。

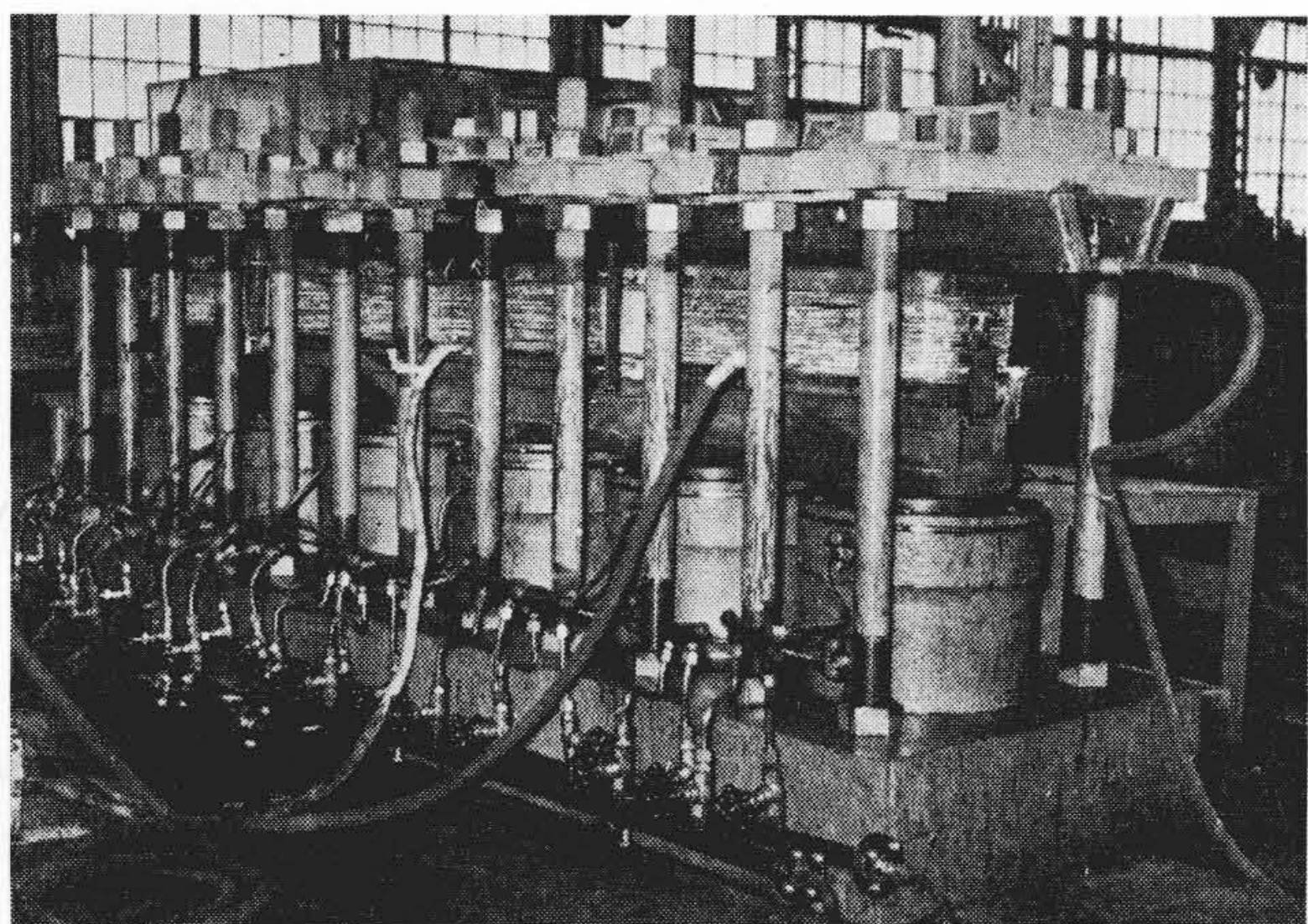
鉄心絶縁としては、マイカシートと厚手のマイラを併用している。コイルの動き止めとして、鉄心とコイルの間にそう入されるつめ物には、絶縁性のすぐれたはくりしやすいポリセットガラス積層板とサンプレート (ポリエステルガラス布積層板) を併用し、厚みの調整が容易にできるように配慮している。

4.3 すみ絶縁材料

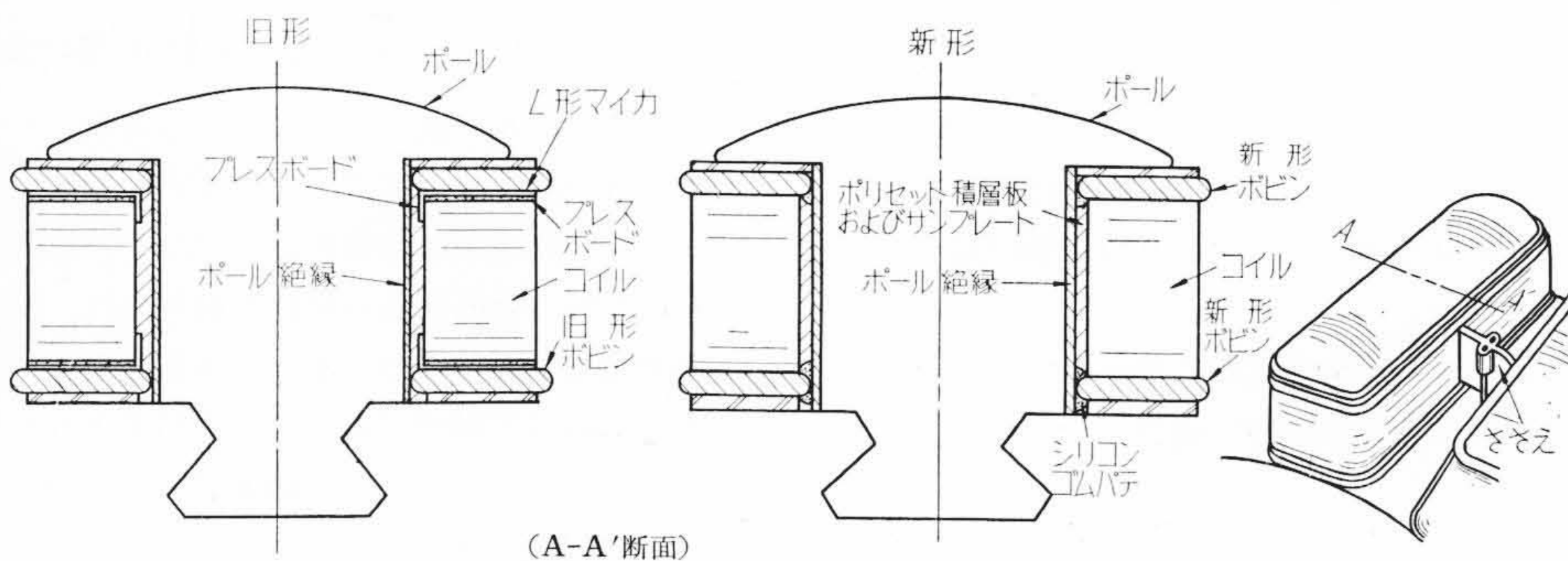
すみ絶縁として従来はマイカシートを L 形にまげたものをコイルの表面にはりつけていたが、ボビン絶縁と同様に運転時の遠心力、導体の熱膨脹収縮により、破壊される傾向にあるので、最近はこのをやめ、きわめて柔軟性であり、しかもすぐれた電気的特性をもつシリコンゴムをつめている。



第 10 図 熱および圧力サイクル説明図



第 9 図 界磁コイル用熱および圧力サイクル試験装置



第 11 図 界磁コイル絶縁法新、旧比較

以上界磁コイル絶縁材料の進歩について簡単に説明したが、新旧絶縁の比較を行うと第11図のとおりになる。なお段間絶縁については現状よりもさらに飛躍するべく、試作研究を進めている。

5. 固定子鉄心用材料

固定子鉄心材料の進歩は著しい。日本国内においては昭和28年にT90, 95などの熱間圧延珪素鋼板が製造され、つづいて昭和29年に熱間圧延珪素鋼板を熔接して鋼帯とした“ダイライトコア”^{*}が完成された。昭和32年には冷間圧延珪素鋼帯“ハイライトコア”^{*}“RMコア”^{**}が製造され、ついで昭和33年には冷間圧延方向性珪素鋼帯“オリエントコア”^{*}“RGコア”が国産化された。

水車発電機の固定子鉄心も、珪素鋼板類の進歩に歩調を合わせて進歩した。水車発電機用としては、現在主として冷間圧延珪素鋼帯が使用されている。

冷間圧延珪素鋼帯は無機質表面処理がなされた珪素鋼帯であり、鉄心打抜き作業性、打抜きの歩止りが向上している。

冷間圧延方向性珪素鋼帯は圧延方向では非方向性のものに比べて鉄損、磁化特性ともに格段とすぐれている。しかし圧延直角方向では大差はない。これも無機絶縁表面処理がなされた珪素鋼帯である。これを使用することにより、非方向性珪素鋼板を用いた場合よりも鉄損は20%程度減少することが確認されたが、水車発電機への応用は構造上さらに研究すべき点がある。

鉄損の軽減には鉄心自身が高性能であることのほかに、鉄板1枚ごとの絶縁処理がすぐれていることが必要である。無機表面処理がなされている珪素鋼帯を使用することは有利である。さらに1枚ごとに絶縁ワニス塗布、連続式熱風式乾燥炉で均一に焼付けている。この絶縁ワニスも従来の天然樹脂系のワニスより脱皮して、熱硬化性樹脂を使用した。いわゆるサーモセット系に移った。ワニス皮膜が熱硬化になったため、さらにきわめて強固にコアが締め付けられるようになった。また従来のワニスよりも耐熱性が向上しているので長期使用してもコアのゆるみはさらに安全となった。

6. 構造用材料

水車発電機の構造用材料としては、大部分が鉄鋼、一部に非鉄および非金属材料が使用されている。力部材として使用される構造用材料は、その使用条件すなわち応力、温度、ふんいきなどに極端に過酷なものがないため、たとえば新鋭火力機器とか原子力機器の材料のような稀少あるいは画期的な材料を要求されることはない。しかし単機容量の増加および高速化につれて、主として強さの面で高度のものが使用されるようになってきた。

6.1 鉄 鋼 材 料

鉄鋼材料としては、一般構造用圧延鋼材(JIS G3101)、熔接構造用圧延鋼材(JIS G3106)、炭素鋼鍛鋼品(JIS G3201)などが主として使用されているが、近時機器の大容量高速化にともない、より高力かつ降伏比(降伏点/抗張力)の高い材料が使用されるようになったり、特に回転子部材に著しい。そもそも水車発電機用構造材料はその使用量が大きく、材料のコストが製品のコストに及ぼす影響が大きいこと、および設計上の自由度が比較的高いので、設計を既存材料に合わせるということが可能であること、以上の理由から、新しい材料の開発、使用に当っては、経済性が大きく優先し、したがってその進歩は一見遅々とした感があるのは否定できない。しかし機器の容量速度が、従来の材料では設計不能な段階に近づくにつれて、材料も新しいものが使用されだしてきた。

磁極鉄心および継鉄は、おもに圧延鋼板が使用されるが最も大き

第2表 国産高力鋼の機械的性質

鋼種	品種の区別	機 械 的 性 質			備 考
		抗 張 力 (kg/mm ²)	降 伏 点 (kg/mm ²)	伸 び (%)	
無高調力質鋼	A	55~63	36以上	18以上	Si-Mn系
	B	55~63	36以上	20以上	
	C	57以上	36以上	19以上	
調高力質鋼	D	60以上	46以上	16以上	Si-Mn系
	E	60以上	48以上	16以上	低Ni-Cr-Mo-V系

第3表 外国の高力鋼の機械的性質

鋼種	名 称	材 料 的 性 質			備 考
		抗 張 力 (kg/mm ²)	降 伏 点 (kg/mm ²)	伸 び (%)	
無高調力質鋼	Vnaity	64.7以上	35.1以上	20以上	アメリカ Mn-V-Ti系
	BSS 968	55~65	33以上	18以上	イギリス Mn-Cr-Cu系
	Fortiweld	58以上	46以上	20以上	イギリス Mo-B系
	Carilloy T-1	73.5以上	63以上	18以上	アメリカ Ni-Cr-Mo-V-B系
	Ducol-W-30	60以上	47以上	—	イギリス Mn-Mo-V-Cr系
	HSB-55	55~68	46以上	20以上	ドイツ Ni-Cu-Mo(Al)系

い応力の発生する部分である。これらの材料として数年前から Si-Mn 系の無調質高力鋼が使用されている。国産品としては、WEL-TNN (八幡)、FTW (富士鉄)、NK-HITEN (日本鋼管)、HTP (川鉄) などがあり、いずれも熔接性の良好な利用範囲の広いものである。機械的特性は、いずれも大同少異であり、一例を第2表に示す。

さらに強力なものとしては、Si-Mn 系あるいは Ni-Cr-Mo-V の低合金系で熱処理を施したもの、いわゆる調質高力鋼が使用されている。国産品としては、WEL-TEN 60 (八幡)、QT 60 (川鉄) などがあり、いずれも相当な熔接性を有するものである。特性を第2表に示す。

外国の高力鋼には、成分系、熱処理などにつき種々なものがあるが、参考までにそれらの特性を第3表に示す。

なお第3表中の、アメリカ T-1 鋼に相当する超高力鋼は、まだ日本では大量生産にははいっていないが、試作的には成功しているので、将来使用されることが予想される。

主軸、継鉄の材料としては、おもに炭素鋼鍛鋼品が使用されているが、1個の重量の増加、強さの増加、および材料の均一性という点から、Ni-V を添加した低合金鍛鋼品が使用されるようになった。かかる低合金鍛鋼品は、特性と経済性を両立させるという意味で、かなり製作のむずかしいものであるが、実用上の面からいって、将来の水車発電機用材料として、前記高力鋼および超高力鋼とならび大いに期待されるものである。

6.2 非鉄および非金属材料

構造用の非鉄材料としては、空気冷却器などの熱交換器に使用される黄銅系材料、軸受用ホワイトメタルのほか、各種部品としてのアルミニウムなどがある。空気冷却器用黄銅管としては、7:3 黄銅、アルブラック (住金)、アルミブラス (神鋼) などが使用されている。アルミニウム系合金は、従来あまり使用されなかったが、軽量かつ軟質な性質がかわれて、カバー類、回転部との接触部 (ラビリンス) などにかかり使用されるようになった。

非金属材料としては、各種パッキング類、プレーキライニングなどがあるが、これらの材料としては合成高分子物質の進出が著しい。すなわちパッキングでは従来皮革、アスベスト、コルクなどを使用していたものが大部分合成ゴム (ニトリルゴムなど) に替っている。プレーキライニングでは、アスベストおよびゴムを主成分としたものが多かったが、現在ではレジン主成分としたものが多く

* 八幡製鉄株式会社の商品名

** 川崎製鉄株式会社の商品名

なってきた。これら高分子物質の特性は、きわめて多岐にわたるため、ここでは省略するが、その進歩改良が急速な物質であるゆえ、使用条件に最も好適な性質のものを作りだしていくことを忘れてはならないものである。

7. 結 言

発電機用材料の進歩の概略を述べたが、これを簡単に取りまとめてみると次のとおりになる。

- (1) 固定子コイル絶縁材料の進歩により、旧来のコイルに絶縁に比較して、すぐれた絶縁が製作できるようになった。各種の試験結果よりみて、旧来のコイルよりもさらに長寿命が期待できる。
- (2) コロナ防止材料および方法の進歩により、従来のコロナシールド層よりも、さらに安定したコロナ防止層が製作されるようになった。
- (3) 界磁コイル絶縁材料の進歩により、いかなる高速度大容量の発電機にも十分信頼できる界磁コイル絶縁が完成された。
- (4) 固定子鉄心材料の進歩により、さらに大容量機の製作もいっそう容易となった。
- (5) 高力鋼、超高力鋼の出現により、いっそう大容量、高速機

の製作が有利となった。

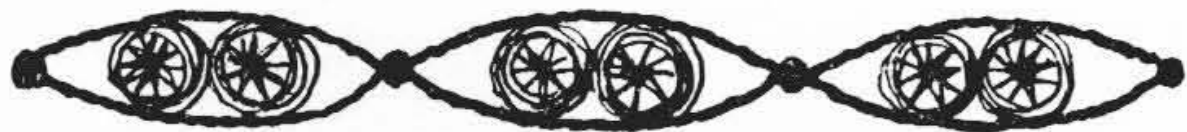
(6) アルミ合金が、軽量かつ軟質な特性がかわれて、構造材料としてかなり使用されてきた。

(7) 絶縁材料と同様、合成樹脂の発達により、パッキング類、ブレーキライニング材も進歩した。

材料はさらに進歩を続けており、慎重な試作研究を経て、次々と製品に採用されつつあるので、近い将来その後の進歩について報告する機会のあることを期待している次第である。

参 考 文 献

- (1) 石坂：日本電気協会第36回通常総会論文集 p. 192~194
- (2) 石黒，伊佐山：三菱電機 Vol. 30, No. 5 (1956)
- (3) 百武，秋見，見城：東芝レビュー Vol. 14, No. 10 (昭 34)
- (4) 清水，井関，谷口：富士時報 第5号 p. 347~357 (昭 33)
- (5) 方波見，塚田：日本電気協会第38回通常総会論文 p. 358~371
- (6) E. J. Flynn, C. E. Kilbourne & C. D. Richardson: TAIEE pt-1, June 1956 p. 358~371
- (7) C. M. Laffoon, C. F. Hill, G. L. Moses & L. T. Berberich: TAIEE pt-1, Vol. 70, p. 721~730
- (8) P. Nowak & F. Weber: E. T. Z-B, Bd 10, H. 4, p. 101~107 (21, April 1958)



特 許 の 紹 介



特 許 第 239300 号

紛 沢 秀 夫

水 車 運 転 調 整 装 置

水力発電所の水車運転調整装置には普通、速度を調整する機能と負荷を調整する機能があわせそなえられているが、負荷の調整を主とした運転制御を行うときは速度による調整はぎせいにしなければならない。そのために水車運転調整装置としてはスピーダによる水車出力調整用のサーボモータの動作機構に不感帯を設けておき、多少の速度の変化には応動しないようにし、なんらかの原因で速度が異常に上昇したときにはじめて動作するように前記スピーダと水車出力調整用サーボモータとの関係を与えていた。したがって速度の異常上昇に対する出力抑制の応答は異常原因がおきてからある時間の経過後になされることになりこの時間のおくれはときとして水車にとって危険な速度におこむことになりかねなかった。これは従来のものでは速度調定率によって無負荷時に与えられる最高速度以上に危急応動速度を設定していたことにおもな原因があるのであって比較的低速状態で運転されていたものが負荷遮断されればその状態から危急応動速度に達するまでの時間が大きくならざるを得ないのである。

本発明はこの点を改良したもので危急応動速度を常にそのときどきの運転速度に応じて調整することにより危急速度との開きをつねに最少に保持するようにしたものである。

図で1はスピーダ、2は水車の出力調整用サーボモータ、3は配圧弁、4は負荷制限装置、5はレバ6の支点調節用モータ、7はバネ、8および9は危急応動速度調整用開閉器、10は前記開閉器8、9の操作用パイロットである。運転中、水車の運転速度が変化するとパイロット10が働いて前記開閉器8、9の一方が動作し、それによって支点調節用モータ5が駆動されてレバ6の支点を変え、レバ6とバネ7との関係を修正して両者の関係を一定に保つ。レバ6とバネ7との関係を中心点から僅かだけはなれた状態にセットしておけば、いかなる状態で負荷遮断が行われても危急応動がすみやかに行われ、従来のような危険状態に落入らないですむものである。

(高 橋)

