



最近の独逸技術

電氣機械の絶縁にシリコン樹脂の應用

概 要

シリコン樹脂を使った電氣機械絶縁皮膜の特性、構造、実験結果を述べ、今日迄に現われた実験に従って考察を試みよう。

絶縁物の分類には、その耐熱性が標準となっている。

VDE 0530 によれば、温度限界は國際的な三つの種類に分けられていて、この許容温度は 35°C の周囲温度から算定される。この前提の下で注意して作られた絶縁は約 20 年の寿命が期待される。

A 種絶縁皮膜はその製作が容易なために、(綿、絹、紙、類似纖維質を含浸するか充填物を使用する) 特別な困難もなく高品質のものを作ることが出来る。B 種高級絶縁の仕上(有機接合剤を使った雲母、アスベスト製品、類似無機質)には注意深い製作が必要である。C 種電氣機械の絶縁(接合剤の如きものを使わぬ雲母、アスベスト、又はガラス織物)は充分機械的強度を持った絶縁物の製造に経済的に使える無機接合剤がないために非常に稀にしか作られない。それ故に電氣機械絶縁皮膜の耐熱性の進歩は B 種絶縁の接合剤の改良による他はない。此の目的にシリコン樹脂やシリコンラックが適当と思われる。

これらの特性とシリコン絶縁の高度耐熱性について次に報告しよう。

シリコンの特性

シリコンは珪素化合物特に珪酸分子を持った炭化水素化合物である、(1) 珪酸分子中の酸素原子が炭化水素によって置換されたもので、複雑な化学変化によって出来る。物理的性質は両方の物質群によって影響を受ける。各種有機物質のシリコンはその特性が一般に評價されている様に、化合物中に珪素が這入ると特に耐熱性、耐濕性を持つ様になる。油状シリコンは広い温度範囲に於て同じ粘度を持っている。

技術面への実用によって、今日迄に液状、油状シリコン、脂肪状ペースト、ラック、エナメル状塗層、ゴム類似物質、可塑性美術材料等のシリコンが見出された。これらの物質はすべて多少とも著しい特性を有し、既に枚挙され、特に價值あるものとして評價されている。然しこれらは有機化学製品と同價値でなく、個々の場合につ

いて実際にシリコンを應用する必要性を根本的に追求すべきである。

絶縁皮膜の製作

故障のない絶縁皮膜を確保するためには製造に際して特別の規格を考慮すべきである。絶縁皮膜には何の有機物も使わぬことが特に重要である。これらの有機物質は普通温度約 230°C の絶縁前処理に耐え得ない。前処理は高温に於てガス化する物質をすべて絶縁皮膜から追出す目的を持っている。脱ガス後先ず巻線或は機械をシリコン樹脂やシリコンラックに含浸し、次に非常に高温で比較的長時間かゝって最後の焼付を行う。

高温シリコン絶縁処理の簡単な記述から推論される様に、これは尙 B 種絶縁処理より取扱が困難である。更に欠点としては時々完成された絶縁皮膜の摩擦強度があまり大きくないことで、特に高温で長時間機械を運轉しようとする時に非常に重要なことである(高温に於ては導体が高度に膨脹する爲に)。然しこの絶縁物の重要な長所は耐熱性の大きいこと、濕氣に全然感じないことである。

実 験

アメリカ人が加速劣化試験によって劣化現象を確認するために研究を行った。この種の方法はアメリカに於てはつとに A 種絶縁物の研究に行われた (2)。1939 年には運轉温度と絶縁物の寿命との間の相互關係が根本的に検討され (3)、1942 年に初めてシリコン絶縁物に同様な実験がなされた (4)。最近ガラスと雲母とからなる最良の B 種絶縁物で密閉式空氣冷却電動機を作り、 250°C で前処理してシリコン樹脂を浸みこませた。機械を試験し、種々の負荷で就中巻線温度 300°C 、13 時間、 500°C 短時間を加え、3,376 時間にのぼる加速劣化試験を行った。

この期間規則正しい間隔で電動機を開き、絶縁性を調べ、巻線の濕氣を検査した。試験は軸受の損傷の爲に中止された。絶縁は記述によれば全試験期間よく持耐えた。劣化現象については、これら絶縁皮膜の注意深い組立が重要に違いないが詳細な報告がない。

同様に小型直流発電機の研究が進められた。固定子の導線はシリコンで処理された 2 枚のガラス布の被覆を持

っている。発電機は前処理のために短絡して定格電流の2.75倍の電流を6時間流し、その際温度は355°Cに達した。しかる後発電機を含浸し新たに焼付けた。運転温度を毎日変化させて加速劣化を行った。周期的な最高温度と運転時間について、抵抗の増加から巻線の平均温度は210°Cと推定され、従って局部上昇最高温度は230°Cに達したかもしれない。約3,000時間後絶縁は尚使用出来る状態にあった。劣化現象はこゝでもまた報告されていない。巻線について湿気の試験や他の試験をし、更に高圧破壊試験が行われた。

マグネットコイルに関するモーゼとブロックの研究(5)によれば、シリコン絶縁の劣化に際し、シリコンから恐らく絶縁被膜の劣化段階と見做される白い不導体の珪酸塩が出来た。然し報告によればこの化学構造上の変化から使用可能性に影響はないようである。

1848年に発表された文献(6)によると、この種絶縁電動機が船舶に用いられている。然し電動機の保護には特別の困難が伴う様である。恐らく機械に著しい冷却空気の加熱が起り、其の結果使用温度を電動機の電流だけから導き出すことは、一般に冷却器を使用した場合と同様に、も早不可能となる。それ故にあらゆる困難と関連のある機械の保護をすることが必要となってくる。これらの研究によれば、亦機械の運転許容温度があげられている。連続運転200°C、短時間運転なら350°Cである。一般にはこんな高い運転温度を使うように提案されることはなく、寧ろ *AIEE に於ては雲母、アスベスト、ガラスから出来たシリコン処理の絶縁皮膜を新しい種類に総括して、それに135°C(最高点で測定して)の温度を許容する様に提唱されている。

考 察

許容温度について *AIEE に申請された値(周囲温度40°C、抵抗増加より測定して120°C、最高温度部分で15°Cの増加)が使われるべきだと思われる。運転温度を非常に高くすることは、加速劣化試験及船舶使用の際に述べた様に絶縁皮膜にシリコンを使用する意味がなくなってしまう。これら高温に於てはあらゆる運転故障の起る原因となる困難がつきまとうことを忘れてはならない。完全密閉式の機械では屢々連続運転の温度曲線は長時間運転後に漸近的に一定の限界温度に近づかず、 $\theta = K + Ct$ の線にのり、また運転時間と共に連続的に上昇して非常に高温で初めて最終温度に達することが観察される。これは冷却空気による熱放散よりも損失の増加の方が大きい時、特に非同期機械に於てスリップが増し冷却空気量

がそれに應じて減少する時に起る。このような運転範囲では非常に高い最終温度が生ずる。従って非常に高い許容温度では故障を予期すべきである。

規定温度で生ずる膨脹は大部分弾性的なものと見做すことは出来ず、巻線のずれとなって現われる。非常に高い温度差に於てはかなりの膨脹が起るがそれは絶縁皮膜に附加的に生ずる機械的緊張と見做されるものである。

次にかゝる運転温度に於ては激しい銅の損耗が起り、それによって機械の効率に本質的な影響を受けることを考慮すべきである。例えば350°Cの運転温度に於ては、銅損失は冷時の機械損失の2.3倍に達する。耐熱性大なる絶縁物による効率上昇の影響に関する一般的研究によれば、変圧器や小さくて回転の遅い非同期機械では効率が低下する結果を生じた(7)。その効率が摩擦損失の大きいことによって制約を受けている機械例えばタービン発電機や高速非同期発電機は之に反し出来る丈回転子を小さくして効率を改良することが出来る。

軸受は周囲の高温によって非常に強熱されるので、軸受グリースや軸受油は部分的にその潤滑能力を失いそのために、例えばベアリングで油膜が破れたり軸受が破損したりするに至るので特に危険である。それ故にシリコン絶縁の機械には軸受油としてシリコンを使用することが推薦される。

総括して、絶縁皮膜にシリコンを使用することは、種々なる長所短所が附随していることを認めることが出来る。

この種の出来あがった絶縁皮膜の特長は大きな耐熱耐濕性である。欠点は今日尚絶縁皮膜の製造が困難なことで、摩擦強度の弱いことである。恐らく一層の発展によって本質的改良がなされるであろう。技術的に見て現状では電気機械にシリコンを使用することは、特殊目的に限られている。この特種目的とは次の様なものである。即ち、

a) 今日迄高圧運転或は、高熱且機械的要求(タービン発電機の回転子巻線)のために絶縁が特に注意深く造られていて、導体の大きな大機械。

b) 重量が少ないか、許容容積が小さいことが特徴である設計上からいって中小機械、即ち航空機船舶用機械。

c) 巻線が特に高い湿気に曝される機械(この目的のためには、他の絶縁物もいゝことが確認されている。)

或スイス人の研究(8)によればシリコン絶縁は次の電動機即ち、

- a) 開閉頻繁な電動機
- b) 起動の重い電動機(遠心分離機)
- c) 周囲温度の高い電動機

に対して使用されるべき根拠があるが、他のすべての目的には何も長所をもたないことが認められている。

上述の考察から高耐熱性の意義が高温度に於ては、本質的な制約を受けても、尚シリコン樹脂は電気機械絶縁に採用されることを認むべきである。然し高級絶縁の製造は大いに作業上正確と注意の制限を受ける。

それ故適当な測定方法によって、工作を一義的に調節することに成功すれば、この特別な高度耐要求性を利用することが出来る。この種の方法は適当な範囲で一部使用されている。この方法を進歩させることは、電気機械絶縁の劣化現象を破壊をさせずに測定試験する電気測定法の発展と同様に、重要なことである。

総 括

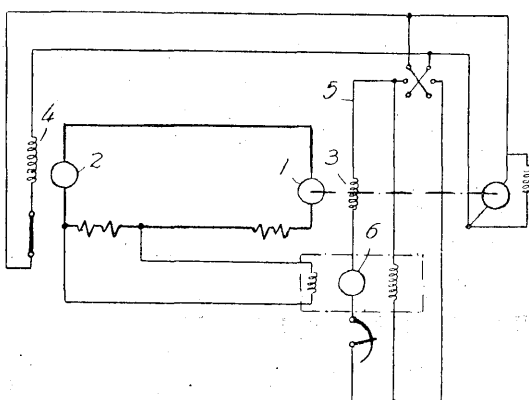
シリコン樹脂を絶縁物の接合剤として使用した場合電気機械は一定温度以上になってはいけなことが確認される。AIEE によって適当と見做される限界温度は 120~135°C である。それ故にシリコン絶縁物は今日迄使用されている絶縁皮膜即ち A 種絶縁物を駆逐しないであらう。先ず第一に特別の技術的條件によってその使用が決定される。

文 献

- (1) • S. L. Bass: Silicones—a New Continent in the World of Chemistry. Elec. Eng. April 1947, p. 381.
• Silicone in der Elektrotechnik. ETZ. 62, (1948) S. 175
• K. Potthoff: Fortschritte. auf dem Gebiete der elektrischen Isolierstoffe ETZ. 69, (1948), S. 120.
• E. Naumann: Die Silicone und das Isolierstoffideal. Elektrotechn. 3, (1949), S. 373.
- (2) • J. J. Smith u. J. A. Scott: Temperature Ageing Characteristics of class A Insulation. Elec. Eng. Trans. 58, (1939), p. 435.
Auszug: ETZ 61, (1940) S. 525.
- (3) • Ch. F. Hill: Temperature Limits Set by Oil and Cellulose Insulation. Elec. Eng. Trans. 58, (1939), p. 484.
Auszug: ETZ 61, (1940) S. 746.
- (4) • G. L. Moses: Silicon Resins for Insulating Electric Machines. Elec. Wld. 124. No. 21. p. 79.
- (5) • Die Silicone als ansichtsreiche Isolierstoffe ETZ 69, (1948), S. 135.
- (6) • J. C. Grigg u. J. E. Walkins: Motor Overload Protectors on Shipboard. Elec. Eng. Dec. 1948, Auszug aus der Schrift 48—245.
- (7) • Fr. Kade: Der Einfluss von Leitungssteigerungen auf den Wirkungsgrad. ETZ. 70, (1949) S. 487.
- (8) • M. Riggensbach: Die Verwendung hitzebeständiger Isolationen bei Elektromotoren. Brown Boveri Mitt. 35, (1948), S. 143.

* AIEE: American Institute of Electrical Engineers
(材料研究所第二課 谷口利久雄)

レオナード制御装置 (登録第 373336 号)



レオナード装置で自動速度調整を行うのにブースターが使われる事があります。然し今迄の装置ではブースターの容量が大きくなるので之を小さな容量のものに出来る様改良されたのが此の考案であります。

図で(1)は発電機、(2)は電動機、(3)(4)は夫々の界磁であります。此の考案では発電機の界磁回路(5)にブースター(6)が挿入され、然も此のブースター(6)はレオナード電動機(2)の電流に比例して附勢される様になっています。従ってブースターは発電機と電動機の内部抵抗による電圧降下を補償すれば足り容量を小さくする事が出来ます。

(技術部 池 上 晃)



＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。