

最近の新絶縁方式と誘導電動機への応用

—— S A シ リ ー ズ 三 相 誘 導 電 動 機 ——

Recent Insulation System and Its Application to Induction Motors

—— SA-Series Three-Phase Induction Motor ——

袴 田 武 司* 齋 藤 利 雄*
Takeshi Hakamada Toshio Saito

内 容 梗 概

エポキシ絶縁コイルおよびシリコンゴム絶縁コイルはきわめて耐湿性、耐薬品性にすぐれており、耐熱的にはF種絶縁として十分な寿命をもつものである。電動機はこの種絶縁を採用することによって小形軽量化が行なわれ、開放形で従来の全閉形に匹敵する機能をもつようになっている。このような電動機のうち特に開放防まつ形、開放屋外形三相誘導電動機につきこれら新絶縁方式を採用するとともに構造面でも画期的改良を加え、保守点検に便利な新標準 S A シ リ ー ズ を 完 成 し た。

1. 結 言

絶縁材料の進歩は日進月歩で、この数年間にも数限りない新しい絶縁材料が登場し実用化への検討が加えられている。そのうちでも特にシリコンゴムおよびエポキシレジン、その電気的特性はもとより耐熱、耐湿、耐薬品性が非常にすぐれており、これについての研究も数多くなされている。

日立製作所は数年来、シリコンゴムおよびエポキシレジンの電動機への適用につき研究を重ね、シリコンゴム絶縁電動機については1961年に信越化学株式会社直江津工場に1号機570 kW、3,150 V 電動機1台および2号機100 kW、3,150 V 電動機2台を納入して好成績を納めている。その後さらに改良が加えられ、現在、日本染色機械株式会社納ターボブロー用電動機として高湿度中で使用される開放防まつ形電動機数台を納入した。

エポキシレジン絶縁についても、その特長を十分生かした画期的方法により、格段にすぐれた耐湿、耐薬品性をもつ電動機が製作されている。

このようなすぐれた絶縁材料の開発に伴い、従来、コイル保護のため全閉形電動機が多く使用されていた湿気および腐食性薬品の多い場所にも開放形が多く使用されるようになってきた。すなわち絶縁の強度を高め、その結果として保護形式が簡易化されるのが将来のすう勢であると考え。この第一段階として開放防滴形より嚴重な保護機能を有し、全閉形より簡易な保護形式をもつ両者の中間形式の設定が望まれていた。日立製作所ではこの点に着目して開放防まつ形、開放屋外形中容量三相誘導電動機としてその冷却構造、保護構造に改良を加えた S A シ リ ー ズ と 呼 ぶ 標 準 シ リ ー ズ を 完 成 し た。

以下主としてこれらの形式についてシリコンゴム絶縁、エポキシレジン絶縁など新しく開発した高級な絶縁物の機能を中心として説明する。

2. シリコンゴム絶縁

シリコンゴム絶縁についてはモートレット法による寿命評価および実際の電動機における寿命について考察する。

シリコンゴムテープにはいろいろあるが、特性と作業性の両面から長方形断面の無支持形シリコンゴムテープがすぐれており、このテープで絶縁されたコイルのモートレット試験はこの絶縁組織が連続170℃の使用に耐えることを示している。

2.1 シリコンゴムテープの種類

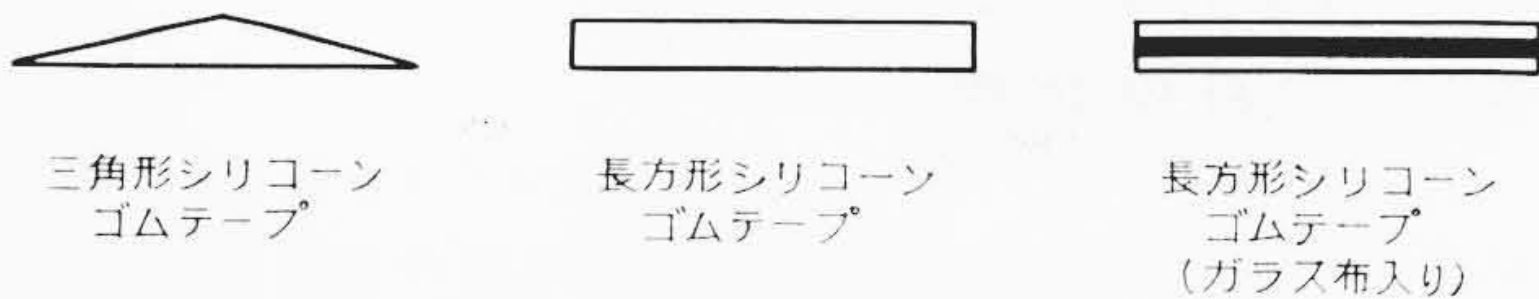
アース絶縁となるシリコンゴムテープはシリコンゴムコンパウンドのタイプ、テープの厚さと断面の形状、コイルへの適用の方法、キュアの手順などコイルの最終特性に影響を及ぼす重要な因子を数多く含んでいる。シリコンゴムコンパウンドは現在 UCC, Dow Corning, GE および信越化学株式会社などで製品化されているがもっとも生産量の多い外国A社のコンパウンドおよび国内B社のコンパウンドを比較検討した。その結果A社とB社に優劣のないことがわかりB社製コンパウンドを使用することにした。第1表に両社のコンパウンドから製造したシリコンゴムテープの諸特性の比較を示す。

シリコンゴムテープの断面の形状は長方形と三角形のものがよく知られている。長方形テープには単にシリコンゴムコンパウンドをテープ状にしたものと、テトロンやガラスの布に塗付したものの2種類があり、厚さは0.25 mm が普通である。三角テープにはその三角形の頂点において0.5, 0.75, 1.0, 1.5 mm の厚さのものがある。第1図にこれらのテープの断面の形状を示す。

三角形シリコンゴムテープは必要とする絶縁破壊電圧を満たし得るなるべく厚いテープを少ない回数半重ね巻きしてテープ巻きの工数を低減し、かつ半重ね巻きの重ね目にボイドを残さないことを特長とするが、厚いテープを少ない回数巻くためにテープ内のボイドやテープを巻くときのエラーが問題になり、さらにコイルのノーズ部分においてはテープ巻き作業が非常に困難である。このために絶縁破壊値の低下やバラツキが心配される。しかし半重ね巻きの重ね目にボイドがないので $\tan \delta$ -電圧特性はすぐれている。

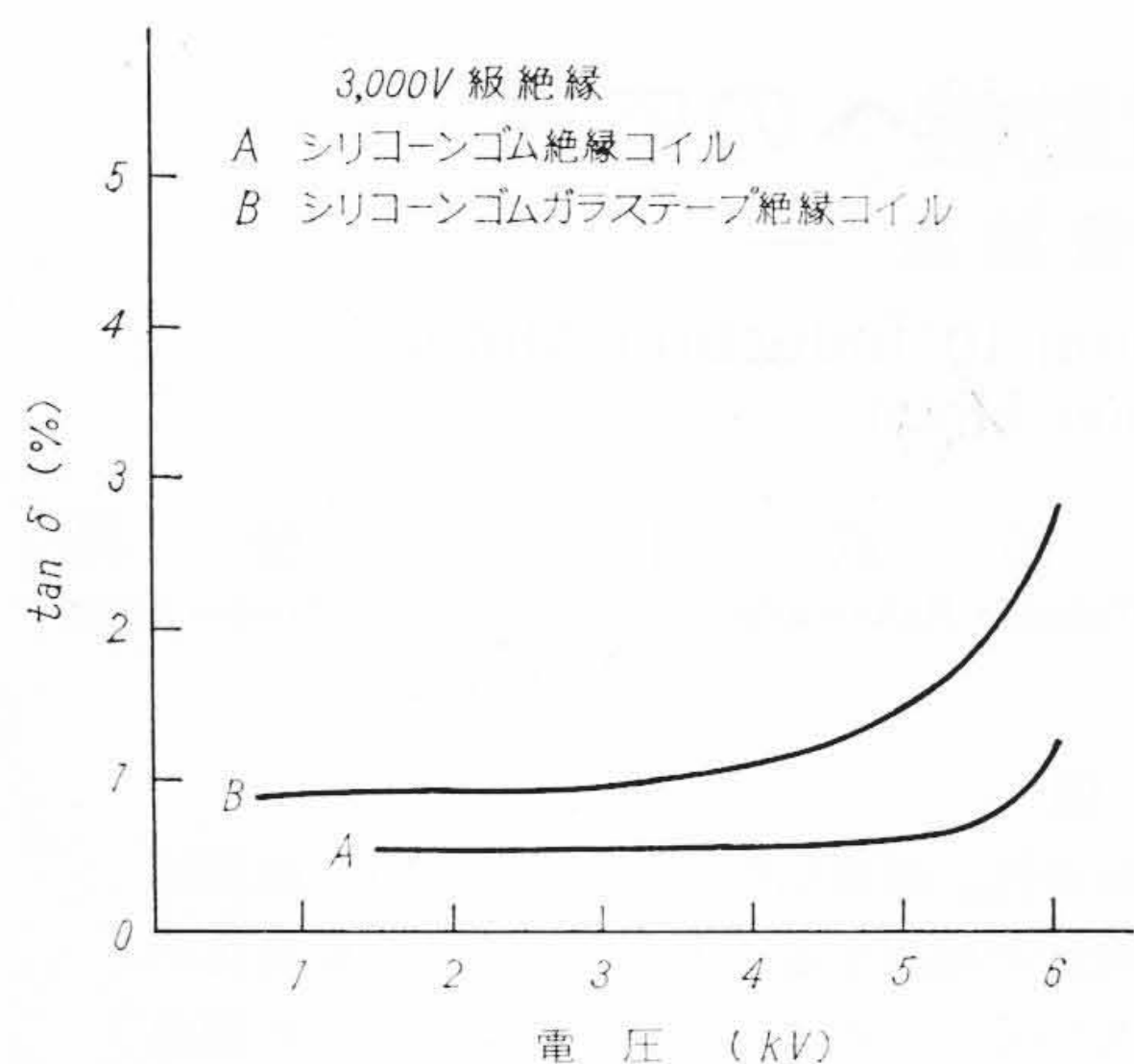
第1表 コンパウンドの相違による
シリコンゴムテープの性能比較

測 定 値	測 定 条 件	外 国 A 社 コ ン パ ウ ン ド 使 用 シ リ コ ン ゴ ム テ ー プ		国 内 B 社 コ ン パ ウ ン ド 使 用 シ リ コ ン ゴ ム テ ー プ	
		初 期	220℃ 60日劣化	初 期	220℃ 60日劣化
引 張 り 強 さ (kg/mm ²)		0.72	0.54	0.69	0.59
伸 び (%)		390	155	400	185
絶縁破壊の強さ (kV/mm)		42.5	49.2	52.7	48.5
硬 度 (ショア A)		72.4	83.2	65.1	69.9
加 熱 減 量 (%)		—	4.6	—	5.5
加 熱 収 縮 率 (%)		—	4.0	—	2.2



第1図 シリコンゴムテープの断面の形状

* 日立製作所日立工場



第2図 シリコンゴムテープ絶縁コイルとシリコンゴムガラステープ絶縁コイルの $\tan \delta$ -電圧特性

長方形シリコンゴムテープは薄いテープを多数回半重ね巻きするもので、長所短所は三角テープについて述べた事がらと逆の関係にあるが、半重ね巻きの重ね目のボイドは薄いテープとヒートプレスによるキュアを最良の条件に設定することでさけることができ、コイルの $\tan \delta$ -電圧特性は三角テープに近い値を示す。これはヒートプレスの熱と圧力でシリコンゴムの分子が動きやすくなりボイドを満たして接着し一体となることを意味している。

長方形シリコンゴムガラステープはシリコンゴムテープに比較して機械的強度がすぐれ電気的特性が劣る。このテープの欠点の原因はガラステープとシリコンゴムの親和性の欠除にある。ここに電界分布の不均一を生じ電気的特性を低下させる。それゆえに電動機を小形化し安全な高圧コイルを作るためには長方形シリコンゴムテープがもっとも適している。機械的強度のそん色は適当な外装絶縁方法を採用することで十分に補われる。第2図に両テープによって絶縁されたコイルの $\tan \delta$ -電圧特性を示す。明らかにAがBよりすぐれていることがわかるが、絶縁破壊の強さでもBはAの80%程度である。

2.2 外装絶縁

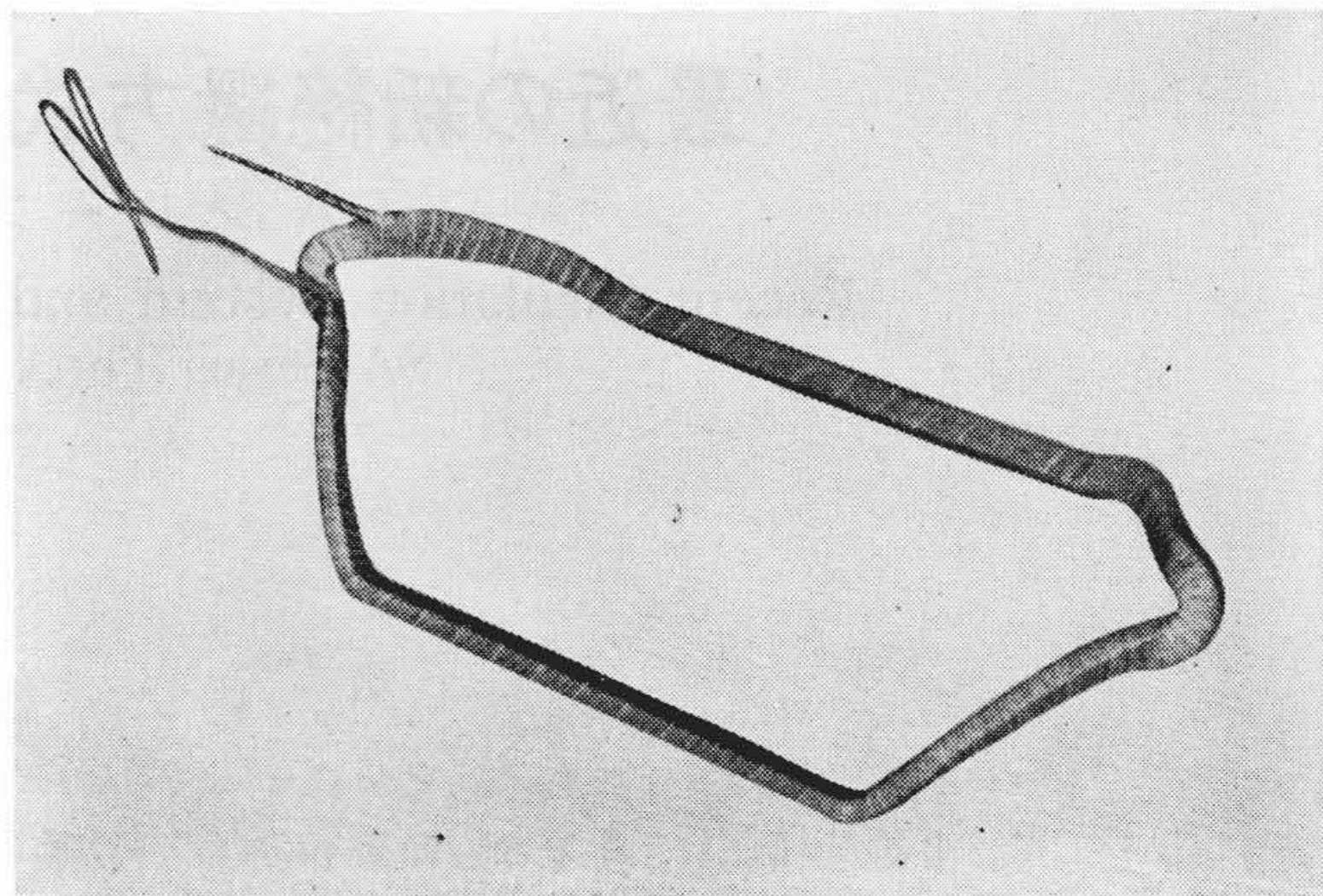
外装絶縁はシリコンゴム絶縁の表面にさらに耐摩耗性と耐衝撃性を与えるために施される絶縁であり、これには上述のシリコンゴムガラステープを使用する方法と、ガラステープを巻いてこれにシリコンゴム液を塗付するか、ワニスで仕上げるかの三種類の方法が考えられる。シリコンゴムガラステープを巻く方法がもっとも簡単であるが、このテープは機械的強度にすぐれているとはいえず、鋭角の衝撃による絶縁破壊値の低下に対してはあまり効果的ではない。ガラステープにシリコンゴム液を塗付する方法は手数がかかるうえにシリコンゴムガラステープによる方法以上のものはできなかった。もっともすぐれているのは特殊なガラステープを巻いてこのガラステープとシリコンゴムにすぐれた接着力をもつワニスで表面処理する方法である。第3図はシリコンゴム絶縁コイルの一例である。

2.3 モートレット法による寿命評価

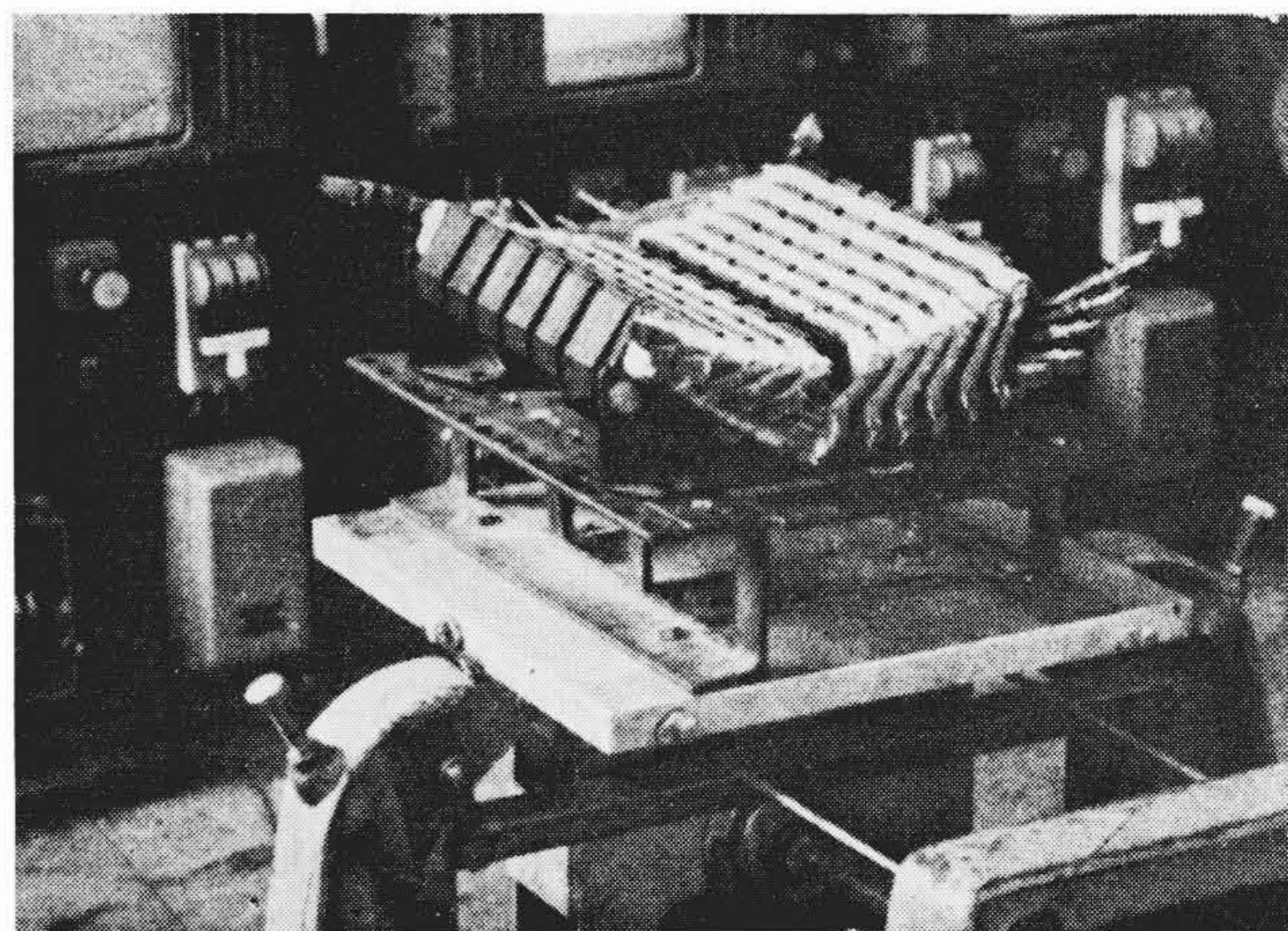
絶縁材料およびこれらの組み合わせである絶縁組織の寿命試験は従来熱的要因を主体として加速劣化し寿命を推定してきたが材料単独の寿命と絶縁組織の寿命が違ふことと、熱劣化試験より実用に即した条件の機能試験を行なう必要があることでモートレット試験法が規定され採用されるようになっている。

2.3.1 試料の仕様

試料は3,000V級シリコンゴム絶縁コイルを積層コアに組み込んだもので、第4図はそれを振動台に取り付けたところである。ダイヤモンド形コイルと積層コアはこの試料がもっとも実際



第3図 シリコンゴム絶縁コイルの一例



第4図 モートレット試験試料と振動台

のモータに近似したものであることを示している。

2.3.2 試験法

加熱、振動、吸湿を1サイクルとし温度則に従ってほぼ同一サイクルで試験を完了するように条件を決めた。

(1) 加熱温度および日数

シリコンゴム絶縁組織の耐熱区分をH種と想定して加熱温度および1サイクルの加熱日数を次のように決めた。

250℃——1日、220℃——7日、200℃——28日

加熱は恒温槽中で行ない試験温度は所定の $\pm 3^\circ\text{C}$ 以内に納まるようにした。

(2) 機械的振動

各サイクルの加熱劣化終了後恒温槽より取り出し直ちに所定の電圧チェックを行ない、引き続き機械的振動を加えた。振動条件は常温常湿において振幅0.3mm、加速度1.5gでコイル面と垂直方向に1時間加えるものである。

(3) 吸湿

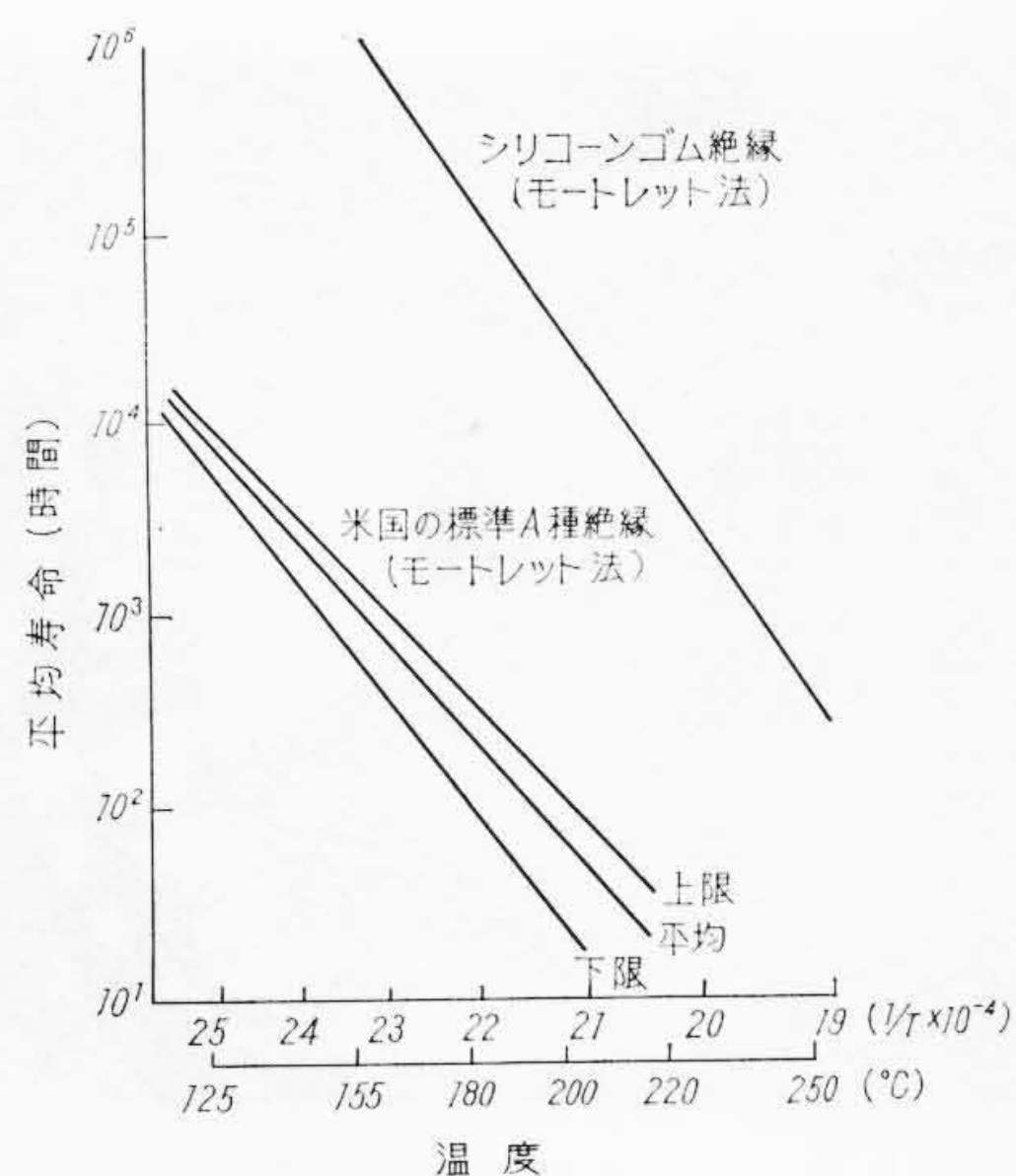
モートレットコイルは機械的振動を与えた後引き続き吸湿させる。吸湿条件は40℃、90%RHで3日間行なうことである。吸湿状態に3日間保持後は同じ槽内において所定の電圧チェックを行なった。

2.3.3 耐電圧試験

加熱および吸湿後に行なう耐電圧試験のチェック電圧は初期破壊電圧の50%とし、その電圧印加時間は加熱後を1分間、吸湿後を10分間とした。

2.3.4 寿命の判定

第5図にモートレット試験法により求められた温度寿命曲線を示す。モートレット試験法による寿命曲線で20,000時間に対応す



第5図 シリコンゴム絶縁組織のモートレット法による温度寿命曲線

る温度をその絶縁組織の最高使用温度に定める方式をとっている
ので、それによればこのシリコーンゴム絶縁組織の場合は約
200℃となる。それではこの温度寿命曲線はどのような式で表わ
されるであろうか。

熱による多くの絶縁劣化はアルニウスの化学反応率理論に基づく⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾。すなわち絶縁が初期強度の何パーセントかに至る時間の対数を縦軸に劣化温度を絶対温度で表わしその逆数を横軸にとれば絶縁劣化特性は直線で表わされる。

$$\log_e t = \frac{b}{T} - a \dots\dots\dots (1)$$

ここに、
 t : 絶縁の寿命 (h)
 T : 絶縁材料の温度 ($^{\circ}\text{K}$)
 b : 絶縁寿命曲線のこう配
 a : 定数

(1)式は(2)式に変換される。

$$b = \frac{2.3026(\log t_2 - \log t_1)}{\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}} \dots\dots\dots (2)$$

ここに T_n, t_n の添字は対応する絶対温度と時間を表わす。

さらに, θ_1 : 100 時間寿命 (t_1) に対する絶縁物温度

 θ_2 : 10,000 時間寿命 (t_2) に対する絶縁物温度

とすると(2)式は(3)式になる。

$$b = \frac{4.6052}{\frac{1}{\theta_0 + 273} - \frac{1}{\theta_1 + 273}} \dots\dots\dots (3)$$

また(1)式を変換することによって a を求めることができる。

$$a = \frac{b}{\theta + 273} - 2.3026 \log_e t \dots\dots\dots (4)$$

モートレットによる寿命曲線から $\theta_1=266^\circ\text{C}$, $\theta_2=212^\circ\text{C}$ であるから、シリコンゴム絶縁組織の寿命曲線は (5) 式で表わされる。

$$\log_e t = \frac{23,050}{T} - 38 \dots\dots\dots (5)$$

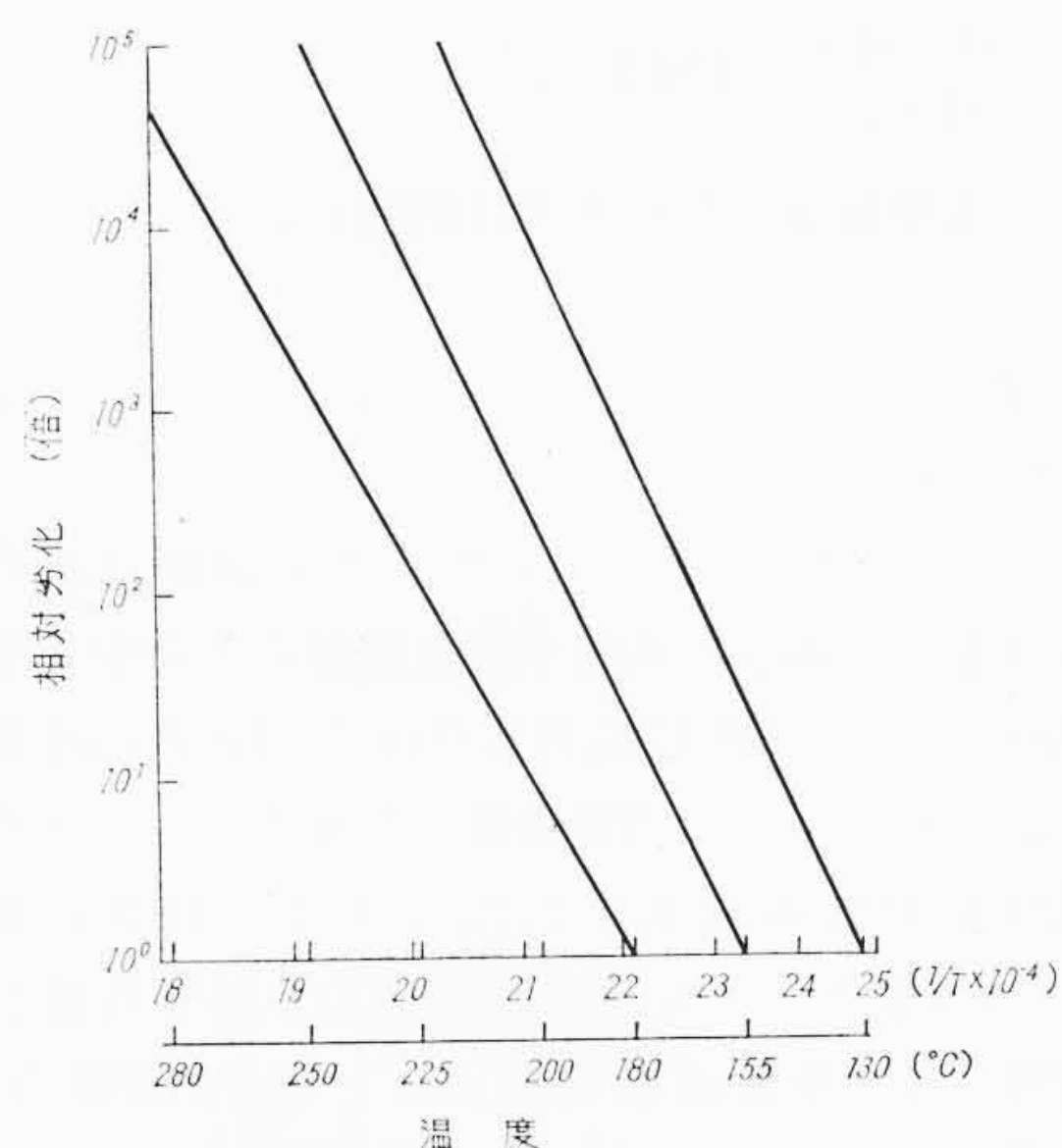
2.4 誘導電動機のヒートサイクル試験

モートル試験が機能試験であるとはいえ、これだけで絶縁の寿命を推定するのは十分でない。絶縁組織に対する加熱の方法や振動の機構が違っている。それゆえ電動機を多数使用してモートル試験法の概念により寿命を推定するのが理想である。しかし大容量の電動機を何台も使用することは経済的に不利である。そこで1台の電動機を使用して加速劣化を実施し、モートル試験から求めた

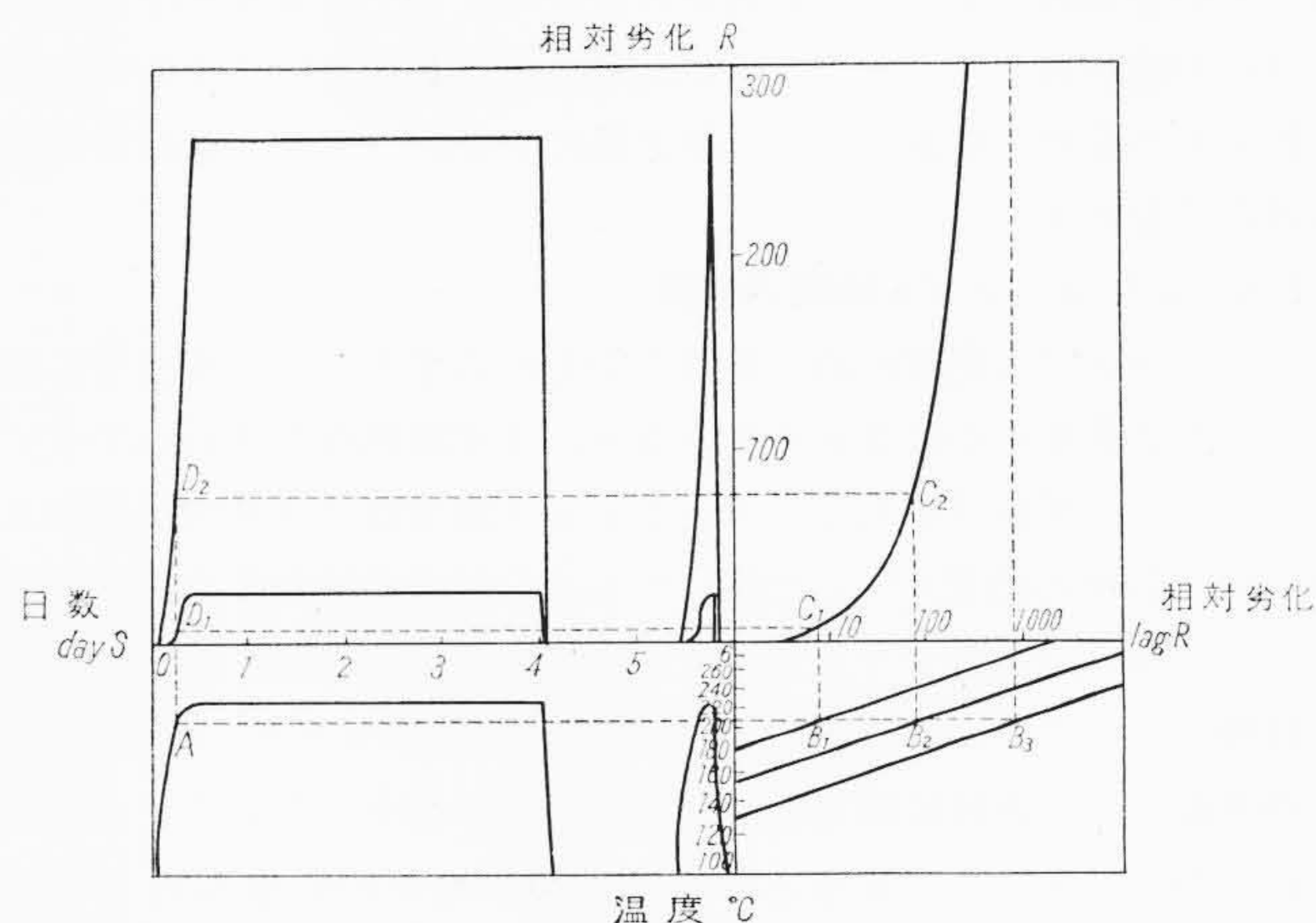
温度寿命曲線のこう配を利用して実際の負荷サイクルにおけるこの電動機の寿命の推定を行なった。

75 kW 三相4極誘導電動機を1962年1月から6月までヒートサイクル試験に供した。1サイクルは7日で構成され225℃で連続4日運転後休止して $\tan \delta$ およびコロナ開始電圧を測定し、その後1時間1回の割合で10回電動機内部へ水をスプレーするものである。水の量は800 ccであり、この間絶縁抵抗の測定を行なった。1962年2週から22週まで異状を認めず、合計20サイクルでヒートサイクル試験は終了した。その後この電動機のコイルはコイル間の接続を解体して2週間の浸水試験をしたが、絶縁抵抗の低下は全く認められず、2週後においても1,000 M Ω 以上を示した。さらにこのコイルは一度乾燥を行ない、絶縁破壊電圧を測定した。

ところで、いろいろな負荷サイクルが機器の絶縁寿命に与える影響を比較するためには相対寿命の概念を用いるのが便利である。この方法はヒートサイクル試験の温度によって決まる寿命を今後その機器が受けると予想される負荷サイクルによって決まる寿命に換算するものである。第6図にシリコンゴム絶縁組織の相対寿命曲線を示す。これは(3)式から130℃、155℃および180℃を使用温度とするときのそれ以上の温度における劣化の倍率を求めたものである。試験ヒートサイクルと負荷サイクルが時間に対して同一であれば劣化倍率はこの曲線から直読できる。同一でない場合は次の手段によって求められる。第7図において第4象限の曲線は温度に対する相対寿命曲線であり第6図と同一である。第3象限の曲線は任意な温度サイクルを普通目盛の時間軸と第6図で使用したと同じ温度目盛の縦軸に示したものである。75 kWの電動機のヒートサイクル



第6図 シリコンゴム絶縁組織の相対寿命曲線



第7図 加速ヒートサイクルの基準温度に対する劣化率計算図

試験ではこの温度上昇曲線は(6)式、温度下降曲線は(7)式で表わされる。

$$T=215(1-\varepsilon^{-\frac{t}{2.42}})+10 \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$T=215\varepsilon^{-\frac{t}{2.45}}+10 \quad \dots\dots\dots (7)$$

ここに、 t ：温度上昇および下降を開始したときを時の起算点にした時間 (h)

T ：時間 t における温度 (°C)

第1象限は $x=\log y$ の関数であり単に R の対数目盛を R の普通目盛に変換するのが目的である。第3象限の温度サイクル上の任意の点Aから出発してD点を求め、この操作を温度サイクル曲線上のすべての点について行ない第2象限の曲線を得る。この曲線によって囲まれる部分の面積は(8)式で表わされる。

$$S=\int_0^{t=24 \times 7} R dt \quad \dots\dots\dots (8)$$

これは時間と相対劣化の積であり、これを温度サイクルの全時間この場合は 24×7 (h) で除したとき相対劣化が何倍であるかが求められる。

この場合、

$$R \text{ 軸} \quad 1 \text{ cm}=25 \text{ (aging units)} \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$\text{時間軸} \quad 1 \text{ cm}=12 \text{ (h)} \quad \dots\dots\dots (10)$$

したがって、

$$1 \text{ cm}^2=300 \text{ (aging units hours)} \quad \dots\dots\dots (11)$$

プラニメータによる実測の結果、 155°C を基準温度としたとき

$$S=84.2 \text{ cm}^2 \quad \dots\dots\dots (12)$$

ゆえに相対劣化は(13)式になる。

$$I=\frac{300 \times 84.2}{24 \times 7}=150.2 \quad \dots\dots\dots (13)$$

また 180°C を基準温度としたときは同様に (14)、(15) となる。

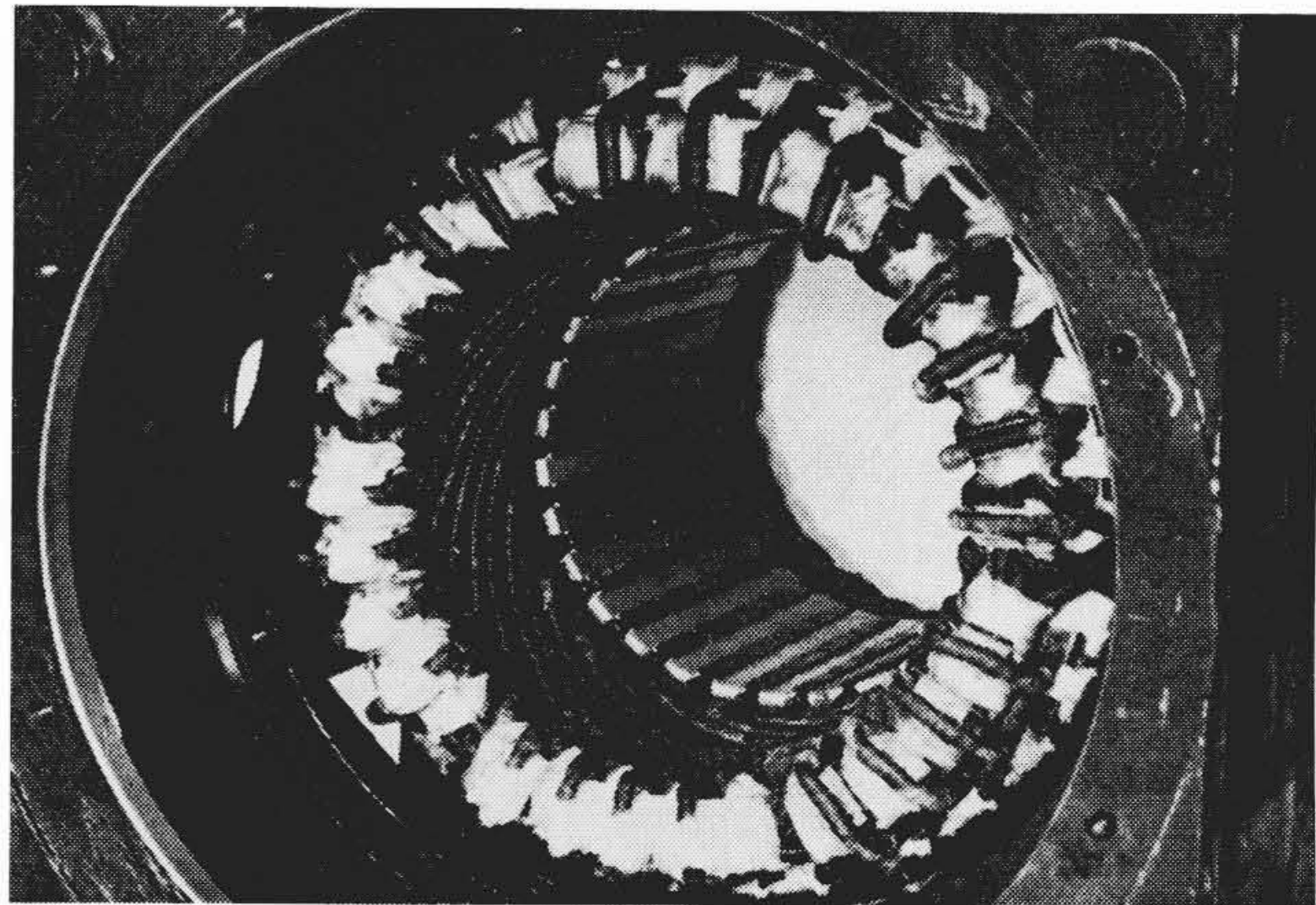
$$S=8.2 \text{ cm}^2 \quad \dots\dots\dots (14)$$

$$I=21.8 \text{ cm}^2 \quad \dots\dots\dots (15)$$

この計算によって今回のヒートサイクル試験はこの電動機を 155°C で連続運転した場合に比較すると絶縁の寿命を $1/150.2$ に短縮する加速劣化であり、 180°C に対しては $1/21.8$ の加速劣化であることがわかる。したがってこの電動機が半年のヒートサイクルでその絶縁破壊電圧を18%程度低下したことは、計算上 155°C で75年、 180°C で11年使用しても絶縁破壊電圧は18%程度しか低下しないことを意味する。絶縁破壊電圧がたとえば初期値の50%に低下するまでの寿命を求めるためには、電動機のヒートサイクルにおける各サイクルの終了ごとに50%耐圧試験を実施し各コイルの寿命の平均を求めて上述の相対寿命の概念によって換算すればよい。今回の実験からシリコンゴム絶縁電動機はF種として十分の耐用年数をもつものと結論できる。第8図にシリコンゴム絶縁電動機の固定子を示す。

2.5 シリコンゴム絶縁の特長

シリコンゴム絶縁組織の特長を明らかにするために今までに述べてきたことを中心にまとめてみると、まず耐熱性がきわめてすぐれていることがあげられる。モートレット法ではアメリカの標準A種絶縁 (Gairの結果)⁽¹⁾と比較しても十分H種の使用温度に耐えることがわかり、またモータヒートサイクル法では試験期間の関係からH種としての20~30年の寿命は確認されなかったが、 180°C で11年間運転しても絶縁破壊電圧は18%程度しか低下しないことが推定され、余命を考えるとH種として大よ20~30年の使用には耐えるものと思われる。また耐熱性と並んであげられるきわめてすぐれた特性は耐湿性である。モートレット法は機能試験であり、それ自体



第8図 シリコンゴム絶縁開放防まつ形電動機の固定子 (100 kW 3,300 V 60~)

の中に吸湿の条件を含んでいるが、もっとも簡明な試験結果はモータヒートサイクル後の浸水テストに表われている。すなわち上述の過酷ヒートサイクルの後に2週間の浸水試験を行なっているが、絶縁抵抗は $1,000 \text{ M}\Omega$ 以上を示した。

このようにシリコンゴム絶縁は耐熱性があり耐湿性にもすぐれているので、F種の採用で同一出力に対して電気回路の寸法を縮小でき、また従来ならコイルの保護のために全閉形を必要としたところにも開放形でよく、両者の相乗効果で電動機は非常に小形、軽量化している。もちろん耐湿性という長所を生かしてB種に使用することも考えられるが、耐熱性材料であることを考えてもF種の設計をすることが望ましい。

3. エポキシ絶縁

エポキシレジンが耐湿性、耐薬品性にすぐれ、さらに熱的にも電気的にもきわめて優秀であることはよく知られている。このすぐれた特性を生かして無溶剤形エポキシレジン真空注入する絶縁方式を開発した。エポキシレジンを使用する場合に、いつも問題となるのはその短いポットライフである。すなわちエポキシレジン重硬化させるために硬化剤が添加されるが、その結果可使時間に限度を生じ、硬化剤選定の技術にもよるが特性的に有効なレジンのは多くは1ヶ月以内の可使時間である。このためにレジン歩留りが悪く、さらに型巻きコイルにおいてはレジンを真空注入したコイルが硬化するため、コアへの組み込みを不可能にしてしまう。このため $3,000 \text{ V}$ 級以上または数十kW以上の電動機に使用された例はなかった。日立製作所では可使時間の長いエポキシレジン研究を極力推進する一方、電動機製作に斬新な方法を取り入れてエポキシ絶縁電動機を完成することができた。

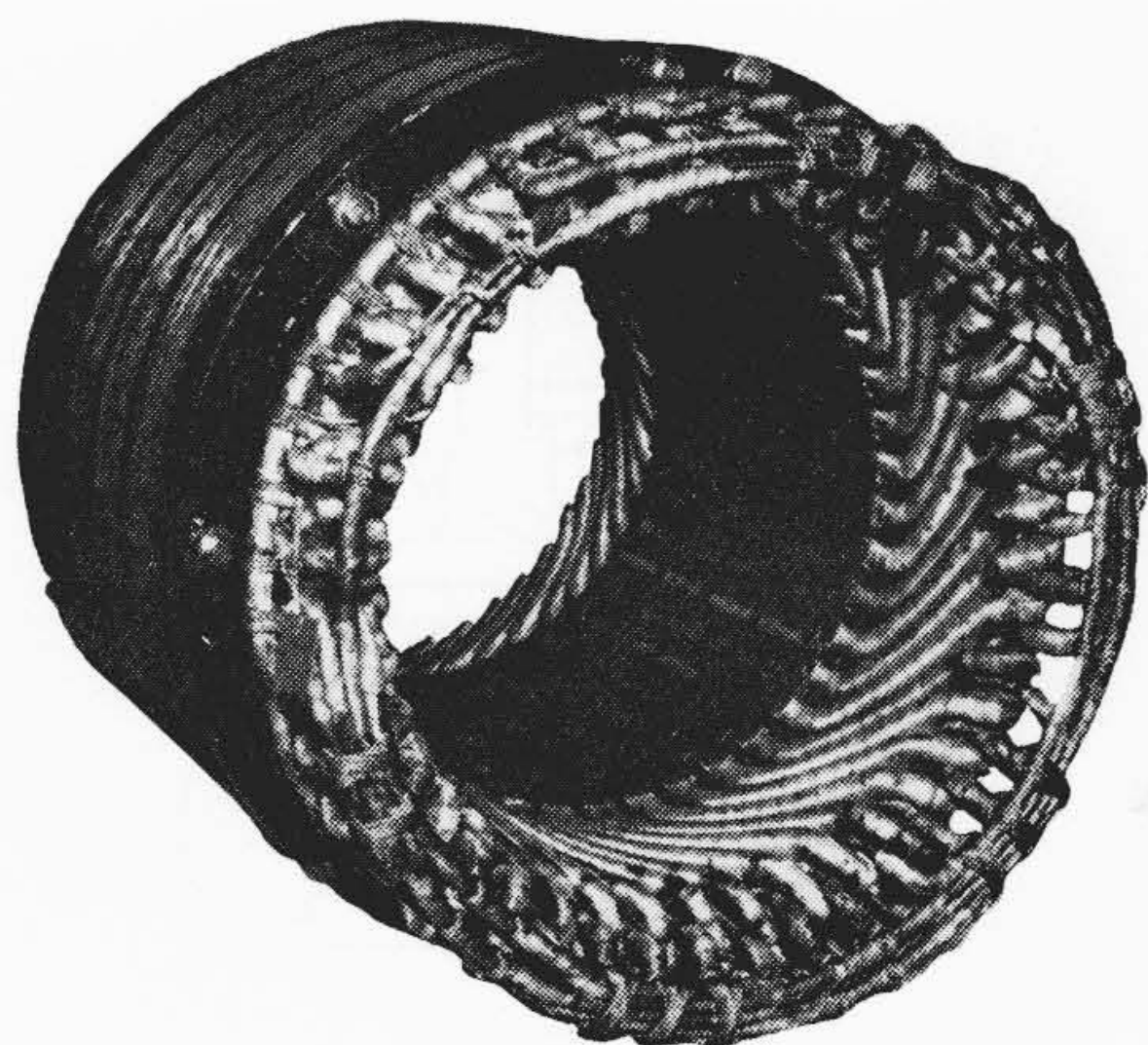
3.1 構造上の特徴

構造上の特長を簡単に紹介する。従来の電動機は外被に積層したコアに、ワニス注入し焼付けして、いわば完成したコイルを組み込み、次の段階でコイル間の接続を行なう方法で製造されている。これに対してエポキシ絶縁電動機は第9図に見られるようにコアを単独に積層して、これにマイカ類で絶縁されワニスのみ未注入のコイルを組み込む方法をとっている。この後コイル間の接続が行なわれ、エポキシレジンが真空注入され、さらに焼付けが行なわれてコイルとコアが一体となり、この状態で外被へのそう入が行なわれる。

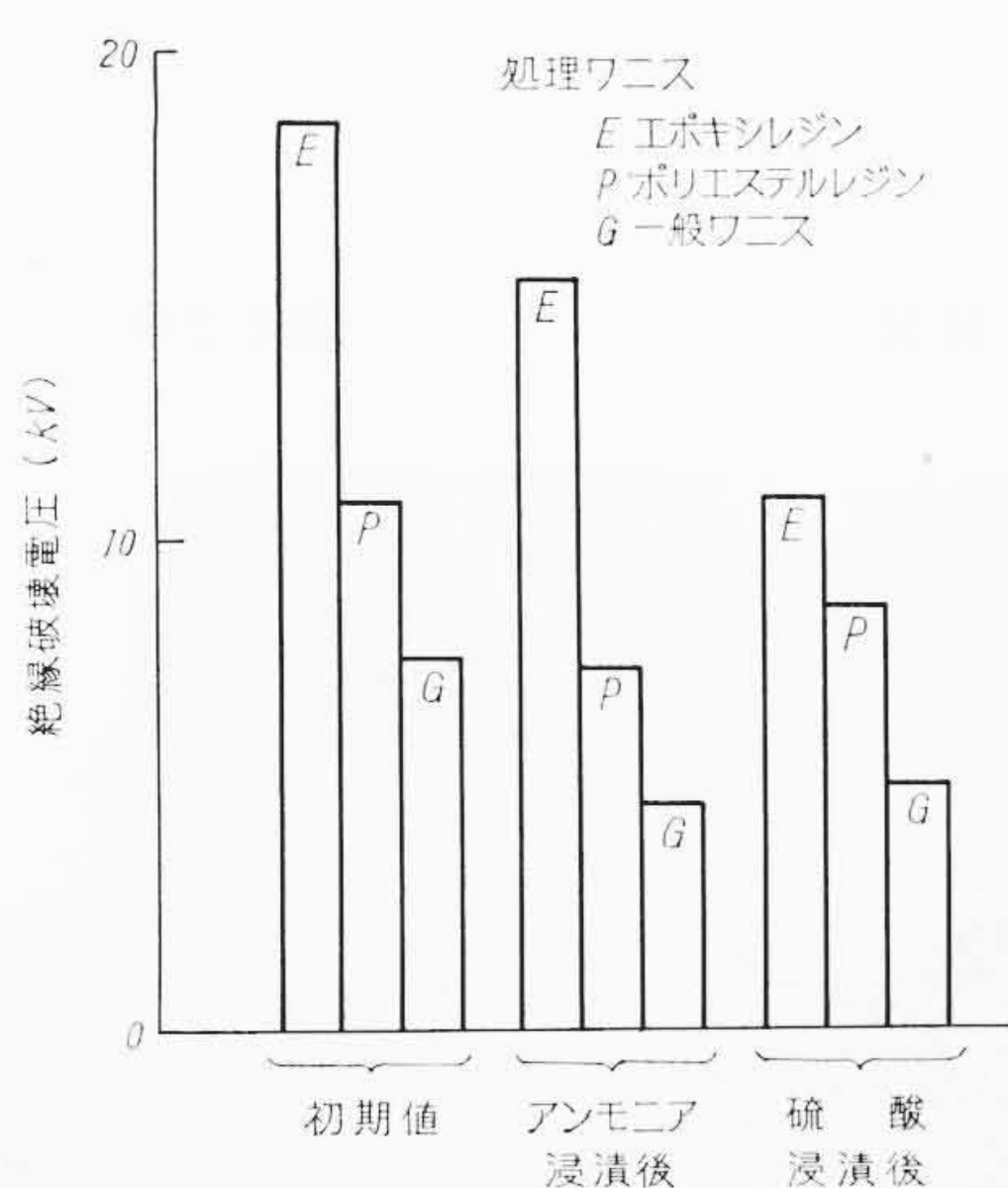
3.2 エポキシ絶縁電動機の長所

エポキシ絶縁電動機の長所を列挙すると次のとおりである。

- (1) 耐湿性、耐薬品性にすぐれているため悪条件での使用に適している。外被の構造は開放形でよく一般に全閉形は必要としない。



第9図 外被そう入前のエポキシ絶縁電動機の固定子 (75 kW 3,000 V 50 Hz)



第10図 エポキシレジン耐薬品性

第2表 薬品の種類と濃度

No.	薬品名	濃度 (%)
1	NH ₄ OH	28
2	H ₂ SO ₄	30

- (2) 絶縁破壊の強さが高く $\tan \delta$ -電圧特性が平坦で電気的特性が優秀である。
- (3) 構造上の特長からもわかるようにコイル間の接続部の絶縁層にもワニスが真空注入されるので機械的強度および耐湿性向上に効果がある。

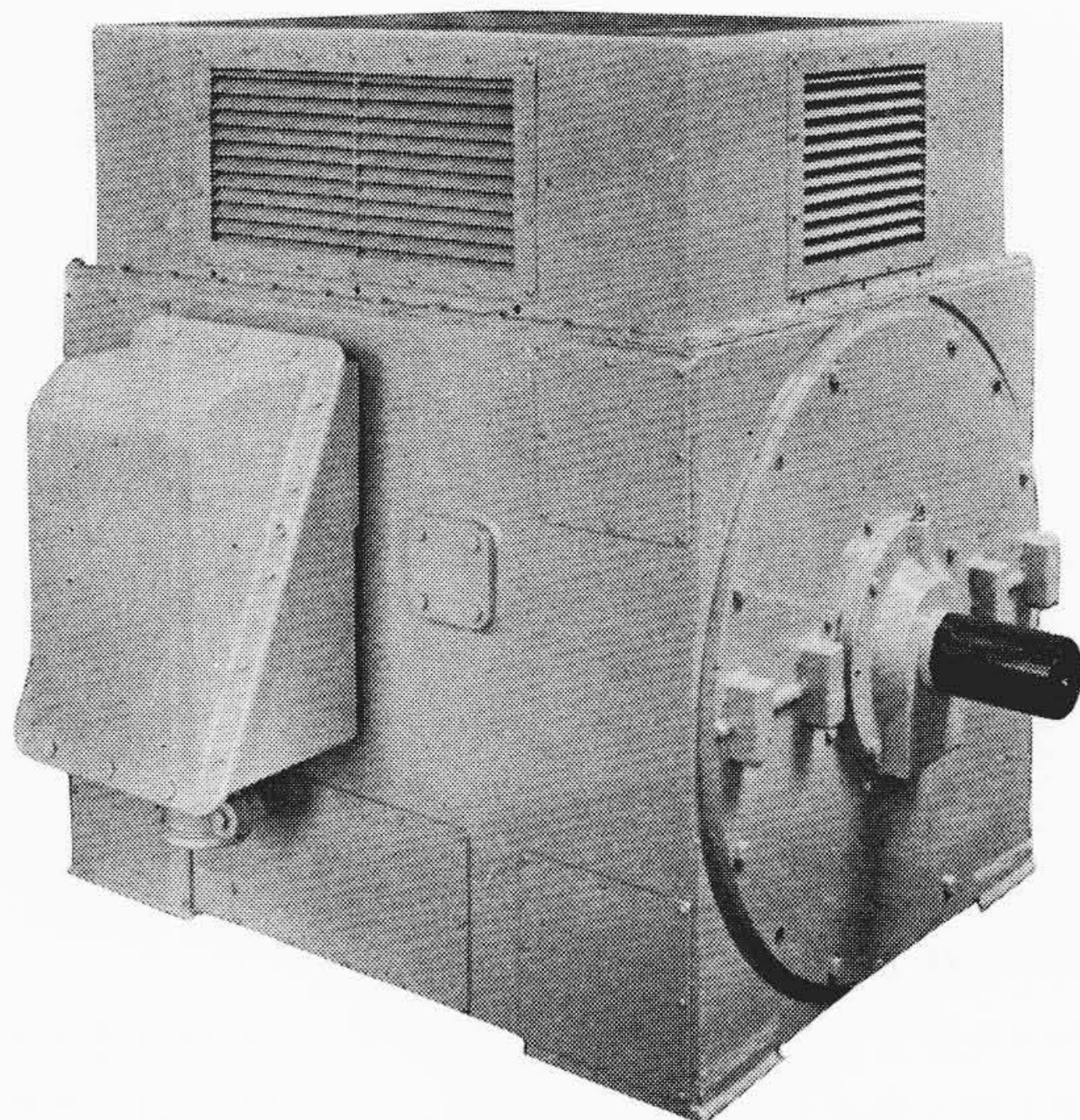
さらに製造面での利点も多いがここでは省略する。

3.3 エポキシ絶縁コイルの特長

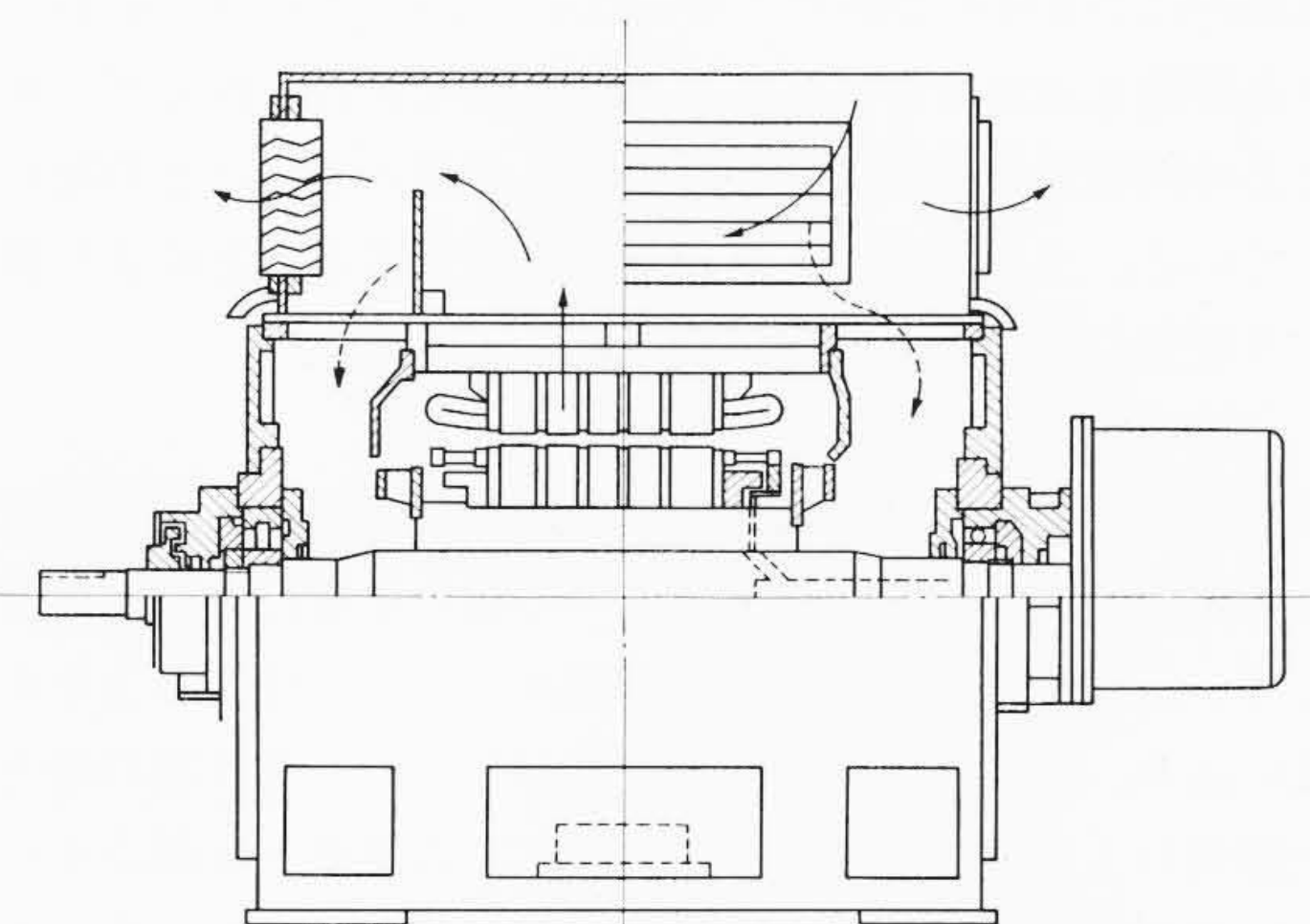
この電動機の定格電圧は 3,000 V である。このコイルの絶縁破壊の強さは 28~31 kV/mm であり、今までに実用化された絶縁組織では高圧コイルでこれだけの強度をもつものはない。

エポキシ絶縁のもう一つのすぐれた特長は超耐湿性である。前にも述べた接続部をも含む固定子全体の真空注入で過酷とも思われる浸水試験でも 3 週間にわたり絶縁抵抗の低下は認められなかった。

エポキシ絶縁が耐薬品性の面でもまたすぐれていることは第10図で示される。試料はU字形に成形されたコイル用被覆電線にガラステープを巻きワニス処理を行なったものである。この試料を第2表の試薬中に常温で 20 時間浸漬し、取り出してから 1 時間水洗し、さらに 130°C で 3 時間乾燥して絶縁破壊電圧を測定した。結果は無溶剤形ワニスであるエポキシレジンがもっとも高い絶縁破壊電圧を示し、ポリエステルレジンがそれに続く。これらはいずれも一般溶



第11図 開放防まつ形三相誘導電動機外観



第12図 開放防まつ形三相誘導電動機の構造

剤形ワニスよりすぐれていることがわかる。

4. 開放形電動機への応用— SA シリーズ三相誘導電動機

SA シリーズ三相誘導電動機とは最近日立製作所で完成した、容量 60~500 kW までの開放防まつ形 (EFOS 形)、開放屋外形 (EFOA 形) 三相誘導電動機の新標準シリーズにつけた名称で、前述したような新絶縁方式を採用するとともに、外形は完全なるキュービックタイプをなし、一部の部品の相異によって開放防まつ形、または開放屋外形になるよう設計、製作されている。

4.1 開放防まつ形 (EFOS 形) 三相誘導電動機

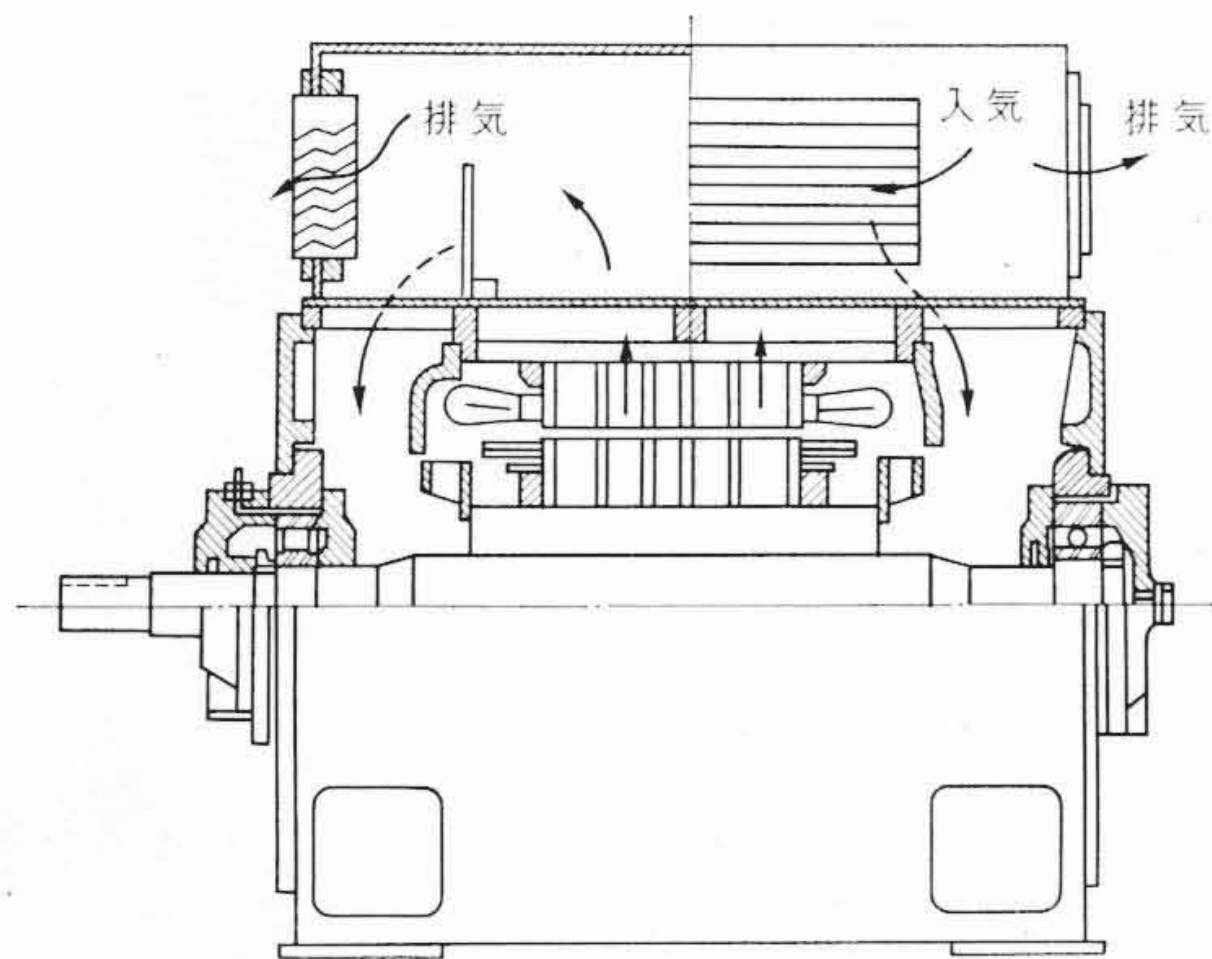
開放防まつ形は保護の程度からみて全閉形と開放防滴形との中間に位する構造を有するもので、耐湿構造について十分考慮が払われている。構造の概略は第11図および第12図に示す。

4.2 開放屋外形 (EFOA 形) 三相誘導電動機

開放屋外形電動機は建家の節減をはかる意味において火力発電所、石油精製設備、化学工場などの各種産業分野において広く用いられるようになってきた。日立製作所においては早くからこれらに深い関心を持ち多数の製作実績を有しており、その構造も数回にわたり改良されてきたが、今回 SA シリーズとして従来のものより小形軽量化した系列を完成した。第13図はその構造を示したものである。

4.3 保護方式

防まつ形は JEC-146 (1960) “回転電気機械一般” による防まつ形を採用している。すなわち鉛直から 100 度以内の角度でくる水滴および異物が直接内部に侵入することがないように吸排気口には N 字



第13図 開放屋外形三相誘導電動機の構造

形のヨロイ戸付カバーを付けている。

屋外形は吸排気口にN字形のヨロイ戸付カバーを付けるとともにフィルタも取り付け雨水はもとよりほこりや異物のはいるのを防止している。

通風箱内はNEMA規格の“Weather Protected Type II”に定められた特殊な迷路を形成し入気の通風速度を低く抑えて、水滴、ちりなどの異物が電動機内部の導電部まで侵入することのないよう防止している。また、上部通風箱より吸排気することにより積雪などにより吸気口を閉ざされないようにしてある。

4.4 冷却方式

本構造のように上部の通風箱内の迷路を通じて吸排気する構造では、冷却風の通路は一般開放形に比べて長くなるため、複流方式を採用している。すなわち通気箱の両側面に設けた吸気口より冷却空気を吸い込み、コイル、鉄心を十分冷却したのち通風箱の軸方向に設けた排気口より排出する。この方式はその構造上両側コイル端とも冷たい空気に絶えずさらされ熱伝達が有効に行なわれる。この構造では通風箱内が迷路になっているので、そのサイレンサ効果が大きく電動機騒音も非常に小さいという特長をもっている。

4.5 その他の構造

ハウジングは鋼板溶接構造のキュービックタイプである。ブラケット形電動機においてはハウジングですべての荷重を支持しなければならないので特に剛性の点に注意し、機械的振動および電動機特有の電磁振動も押えるようにした。鋼板溶接構造は機械的信頼度が高く、重量軽減にも有利である。

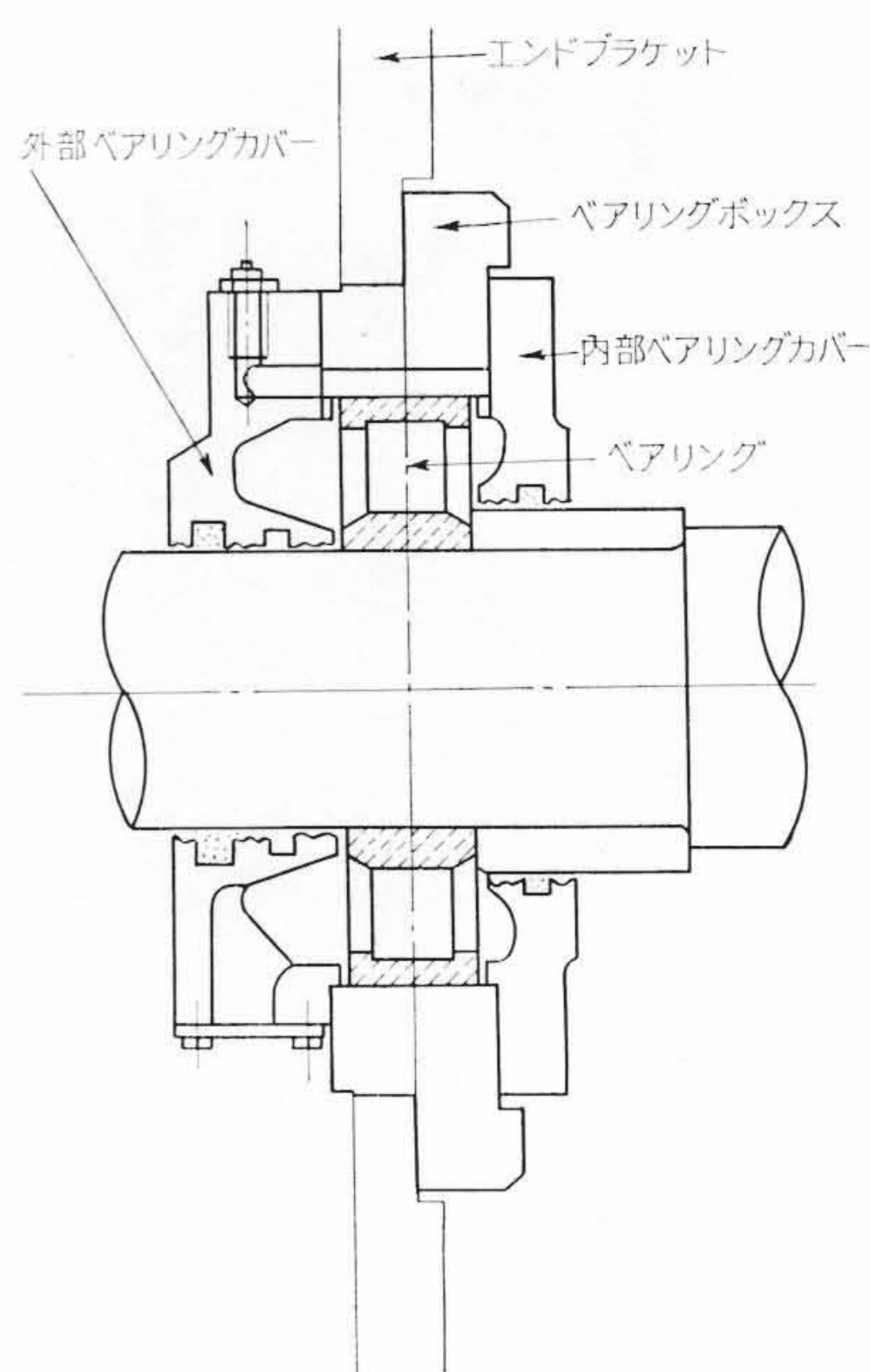
エンドブラケットは扁平で、軸受にかかる荷重の作用点をハウジング側面に近づけ非常に安定性のよい構造としてある。軸受構造はカートリッジタイプでエンドブラケット軸を含む水平面で上下に2分割することにより、電動機の分解、点検が容易にできる。第14図は軸受部構造図、第15図は上部エンドブラケットを取りはずした外観写真を示す。この構造採用により、負荷との連結をはずすことなく、エンドブラケットを取りはずすことができるので電動機の内部点検が可能であるばかりでなく、電動機分解ごとに軸と軸受のはめあいがあまくなるという従来の欠点がなくなった。

開放屋外形電動機の軸受には厳重な水切装置を設け、軸受部への雨水の侵入を防止している。

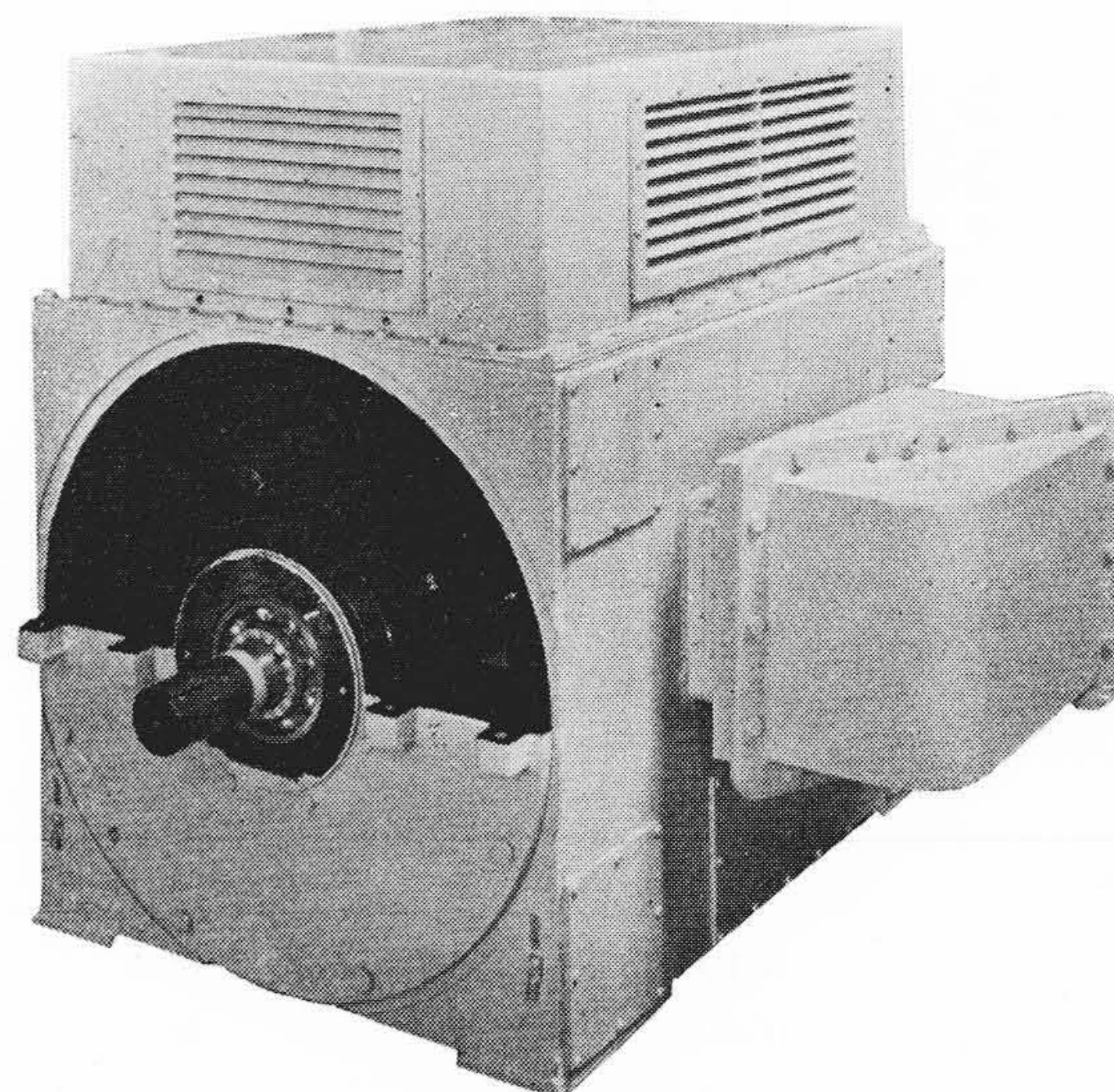
5. 結 言

以上、シリコンゴム絶縁、エポキシレジン絶縁、SAシリーズ三相誘導電動機について記したが、要約すると次のようになる。

- (1) シリコンゴム絶縁はF種絶縁として十分な耐用年数を有している。



第14図 カートリッジタイプ軸受部構造図



第15図 SAシリーズ電動機外観（直結側上部エンドブラケットを取りはずしたところ）

- (2) シリコンゴム絶縁およびエポキシレジン絶縁電動機はそのすぐれた耐湿、耐薬品性により、悪条件のもとでの使用に耐えかつ開放形で従来の全閉形電動機に匹敵する機能を備えている。
- (3) SAシリーズ電動機はシリコンゴム、エポキシレジンなど優秀な絶縁材料を使用しかつ保護構造、冷却構造に十分なる考慮を払っているため、従来の全閉形電動機に代わり得る機能を有している。

日立製作所としてはこれら新しく開発した絶縁にさらに研究、改良を加えて、すぐれた特長を発揮させるよう努力を払っている。

参 考 文 献

- (1) 電気学会有機材料劣化専門委員会：高分子材料の劣化 295 (昭和33年)
- (2) L. C. Whitman: AIEE Part III, 56, 683 (Oct. 1961)
- (3) L. C. Whitman: AIEE Paper, No. 59~118 (Fed. 1959)