

## シリコン油入車両用主変圧器の試作

## Trial Manufacture of Silicone Oil Immersed Traction Transformer

佐藤 洋\* 才善 信吾\*\* 武井 守也\*\*  
 Hiroshi Satō Shingo Saizen Moriya Takei  
 杉本 洋\*\* 池田 良平\*\* 小野 春雄\*\*  
 Hiroshi Sugimoto Ryōhei Ikeda Haruo Ono

## I. ま え が き

東海道新幹線で代表されるように、近年の車両の高速化には目ざましいものがあるが、車両の高速化に伴うパワーの増大は電気機器の重量増加を招き、車両性能にも影響をおよぼす。中でも主変圧器は重量物に属しており、ほかの電気機器とともにその軽量化は車両性能の向上、車体の重量負担の軽減などに、大きく寄与すると考えられる。

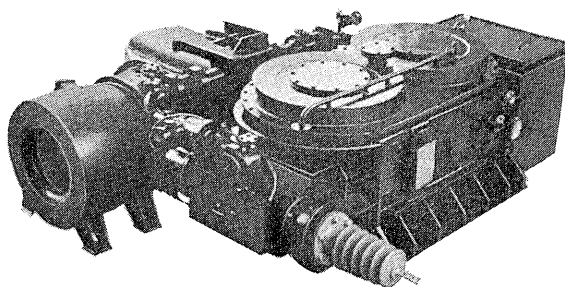
国鉄は、現在全国新幹線網計画を進めており、先般、961形試作電車が完成し、試運転中である。この試作車は東北・上越地方の山岳寒冷多雪地帯を高速走行することを考慮して、電気機器の高性能化・小形軽量化などをはじめ最新の技術が盛り込まれている。

この試作車に搭載されているTM920形主変圧器は現在の新幹線量産車のものに比し2倍の容量であるが、ほぼ同じ重量である。これは、従来の不燃性絶縁油、耐熱絶縁紙に代わりシリコン油、ポリアミド絶縁紙を採用したことが軽量化を可能にした大きな要因である。

耐熱性・絶縁性にすぐれるシリコン油は比重が不燃性油の約 $\frac{1}{2}$ で、軽量化にも有効である。一方、主絶縁材料としては、従来耐熱絶縁紙が主に使用されているが、最高使用温度が110℃であり、シリコン油の耐熱温度(約160~180℃)に対しはるかに低い。そこで耐熱性が非常にすぐれた芳香族ポリアミド紙(以下商品名のノーマックスと称する)絶縁を採用し、巻線と油の温度上昇を高め、大幅な軽量化が可能となった。この画期的なシリコン油入ノーマックス絶縁方式の開発は、車両用主変圧器の軽量化、小形化に役立つと考える。

この絶縁システムは高速車両用主変圧器に限らず、従来の不燃性油入の代替器に関する参考データとしても有効である。また、陸用特殊耐熱変圧器への適用なども興味ある課題であると考えられる。

当社は、東海道・山陽用試験電車の主変圧器(TM917形)の計画に初めて参画し、絶縁、冷却などに当社のすぐれた技術を導入して、重量を約24%軽減した軽量



第1図 車両用試作主変圧器

Fig. 1. 1φ 3,300 kVA Traction transformer

化主変圧器を試作した。その後、シリコン油の研究をはじめ、ノーマックス材料、そのほか耐熱性諸材料の研究、開発を行ない、油浸性にすぐれたノーマックス成形材料などを開発するとともに、961形試作電車でTM920形主変圧器の仕様に基づき、軽量化主変圧器(約14%の重量軽減)を試作し、良好な試験結果をえた。

以下に、主変圧器および試験結果の概要を報告し、参考に供したいと考える。当社車両用試作主変圧器の外観を第1図に示す。

## II. 試作器の仕様

本器の仕様は、日本国有鉄道規格(JRS 15302-1B 車両用主変圧器一般、ほか)に準ずるほか、第1表に示すとおりである。なお、TM200形およびTM917形主変圧器の仕様を比較のために示した。

## III. 特 長

形状および付属品の配置などはTM920形と共通とし、小形軽量化したものである。また、シリコン油入全ノーマックス絶縁の採用に伴い、これに適した絶縁構造の研究とあいまってつぎのような特長を有する。この試作器の概略諸元を第2表に示す。

- (1) 従来より銅機械設計とし中身(主に鉄心)の重量軽減を図った。
- (2) 二次巻線は不等5分割とし、その配置を第2表の項目(5)のように主漏洩溝を5としてインピーダンス傾向

\* 輸送特機技術部 \*\* 千葉工場

第 1 表 車 両 用 主 変 圧 器 の 仕 様  
Table 1. Specifications of traction transformer

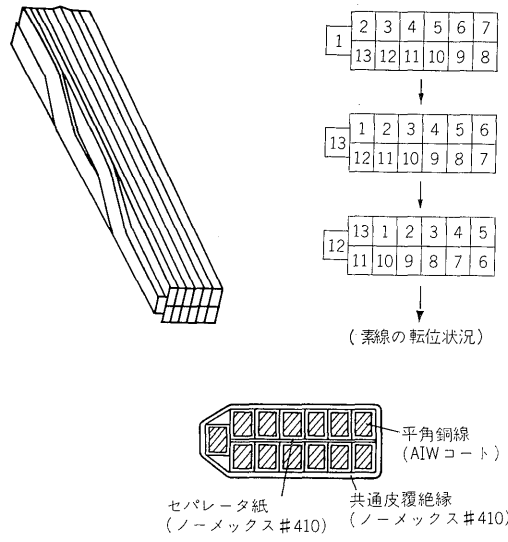
		全国新幹線用試作	山陽新幹線用試作	東海道新幹線用
形式および定格事項		TM920 送油風冷式無圧密封形 1φ50/60Hz 連続定格 3,300/2,950/350kVA 25,000/2,072/939V	TM917 送油風冷式窒素密封形 1φ60Hz 連続定格 2,410/2,260/150kVA 25,000/1,856/430V	TM200 同 左 同 左 1,650/1,500/150kVA 25,000/2,261/232V
二次電圧制御方式		サイリスタ制御方式 (5 不等分割巻線)	同 左 (4 等分割巻線)	低圧タップ切換方式
絶 縁		シリコン油, ノーメックス絶縁 特別 A 種	不燃性油, 耐熱紙 A 種	不燃性油, 耐熱紙 A 種
温度上昇	巻線(抵抗法)	125 deg	85 deg	85 deg
	油(温度計法)	85 deg	65 deg	65 deg
絶縁階級	一次(線路側)	車両用 30 号 (交流加圧 42kV 10分間または 70kV 1分間, インパルス試験 175kV)		
	一次(接地側)	" 1 号 (交流加圧 4kV 1分間)		
	二 次 側	" 3 号 ( " 10kV 1分間)		
	三 次 側	" 1 号 ( " 4kV 1分間)		

第 2 表 車 両 用 試 作 主 変 圧 器 概 略 諸 元  
Table 2. Weight and dimensions of traction transformer

項 目	諸 元
(1) 鉄 心	材質 G11, 45° 接合, Bm=18,400G (50Hz 30kV)
(2) 電 線	一 次 ノーメックス (#410) 絶縁平角銅線
	二 次 同 上
	三 次 AIW 平角銅線×13#, ノーメックス (#410) 絶縁転位導体
(3) 主 絶 縁	ノーメックス (#411) シート ノーメックス (#411) 成形品
(4) 絶 縁 油	シリコン油 (KF 96-50 cst)
(5) コイル配置 接 続	
(6) 冷 却	損 失 104kW
	オイルクーラ循環油量 700 l/min, 揚程: 9m (LC) 風 量 105 m³/min
(7) 重 量 油 量 (kg)	鉄 心 1,101
	巻 線 418
	タンク, その他 1,145
	絶 縁 油 236 (244 l)
	総 重 量 (含ファン) 2,900
	油なし重量 (含ファン) 2,664
(8)外形寸法(mm)	X(進行方向): 2,280 Y(幅): 2,224, Z(高): 887

を改善した。

- (3) 主絶縁部には後述するような油浸性の良好なノーメックス成形品\*およびボイドレス積層板\*を使用し, コロナ防止構造とした (\* 特許申請中)。
- (4) 二次巻線に転位導体を用いて合理的な軽量化を行なった。従来の単線による多並列の巻線方式に比べ, コ



第 2 図 転位導体構造  
Fig. 2. Transposed cable

イルの占有率が改善され, 寸法の縮小および重量軽減に効果が大きい。工作面でも各コイル間の転位接続が不要となり加工作業が容易となる。転位導体は素線絶縁にアミドイミド樹脂 (AIW) コーティングした平角銅線を用い, 表面はノーメックス (#410) テーピング絶縁を施したものである。その構造を第 2 図に示す。

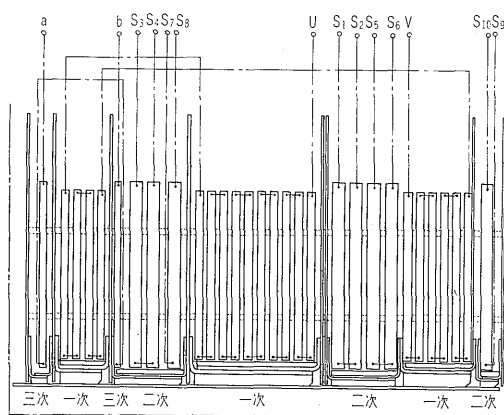
- (5) 各コイルは直接カラーを密着せず, 両面有効冷却構造を採用し, 冷却効率の改善と巻線全体の積上げ寸法を縮小した。
- (6) 冷却器は全アルミ製コルゲートフィンクーラを採用し, 目詰り防止用整流格子の取付け, そのほかの改善を図った。
- (7) 高性能自己復帰式放圧装置を開発し採用した (特許申請中)。
- (8) 一次ブッシングに耐熱エポキシ樹脂モールド (単一

形) プッシングを新たに開発し採用した。

- (9) コンサベータの油位表示構造は、金属ベローズの中央部リブの一端に表示マークを取付け、リブの上下動で油温との関連が確認できる監視窓を用いた(特許申請中)。
- (10) ガスケットは耐熱性、耐シリコン油性にすぐれるふっ素ゴムを使用した。

#### IV. 試作器の絶縁構成

本器の巻線断面を第3図に示す。一次および二次巻線は各3ブロック、三次巻線は2ブロックにそれぞれ分割し、コーナ絶縁を施している。



第3図 試作器巻線断面図

Fig. 3. Cross section of windings

主要絶縁物は絶縁特性および組立作業性に応じ、第3表のように適材適所の選定を行なった。#410タイプのノーマックスシートは抄紙後にホットカレンダー処理されたもので、層に直角方向の油浸性が#411タイプに比べ劣り、含浸時間が長くなる欠点があるので広板材料は#411タイプを採用した。

電線被覆絶縁については、機械巻き時の引張り強度が必要となるため#410タイプのテープを用いている。#410ノーマックス絶縁電線については、一般クラフト紙絶縁

第3表 絶縁材料の適用

Table 3. Application of "Nomex" insulation materials

使用場所	適用材料
電線皮覆	ノーマックス #410 テープ
巻線コーナ絶縁	" #411 成形品
鉄心絶縁	" #411 シート(巻き付け)
コイルバンド	" #410 テープ
リード絶縁	" #410 クレープテープ
コイル内スペーサ	" #411 成形品

(#410: ホットカレンダー処理品)

電線との油浸性の比較試験を行なった結果、差がないことを確認した。これは巻付けテープの幅が比較的狭く、テーピング層間より急速に油が含浸されるものと考えられる。

一次巻線の絶縁は従来の耐熱紙絶縁の場合と同等に、線路端絶縁を強化し、接地端に向い分担電圧に応じて順次強度を緩和している。

この部分は実物モデルによりコロナ試験を行ない、絶縁間隔16mmにおいてCSV(コロナ開始電圧)が50kV以上あることを確認している。ここで鉄心の角に電界緩和用シールドを取付けることにより、さらにCSVを高くする効果があるが、本器では電極形状などくに電界緩和の構造は施さなかった。

リード絶縁およびコイルブロック間の接続導体絶縁は比較的狭い部分の絶縁処理作業と、油浸性を考慮してノーマックスクレープ紙テープを採用した。

絶縁材料の接着剤は、とくに油浸性を妨げないことが重要である。また接着樹脂によっては作業時に気泡を巻き込み、ポイドコロナの原因を生じやすい。当社は被接着物に応じた接着剤を開発し、その適用基準を設定してこの問題を解決した。

#### V. 構造

車両用試作変圧器の仕様は第II項に述べたとおりである。外部構造についてはTM920形と配置は同一であるが、外形寸法を縮小している(第4図)。主要構造はつぎのとおりである。

##### 1. 鉄心

方向性けい素鋼板G<sub>11</sub>を用い、45°接合による外鉄形矩形鉄心とした。鉄心は組立て後、耐熱エポキシ樹脂による接着処理を行ない、振動衝撃などによる弛みのない構造としている。

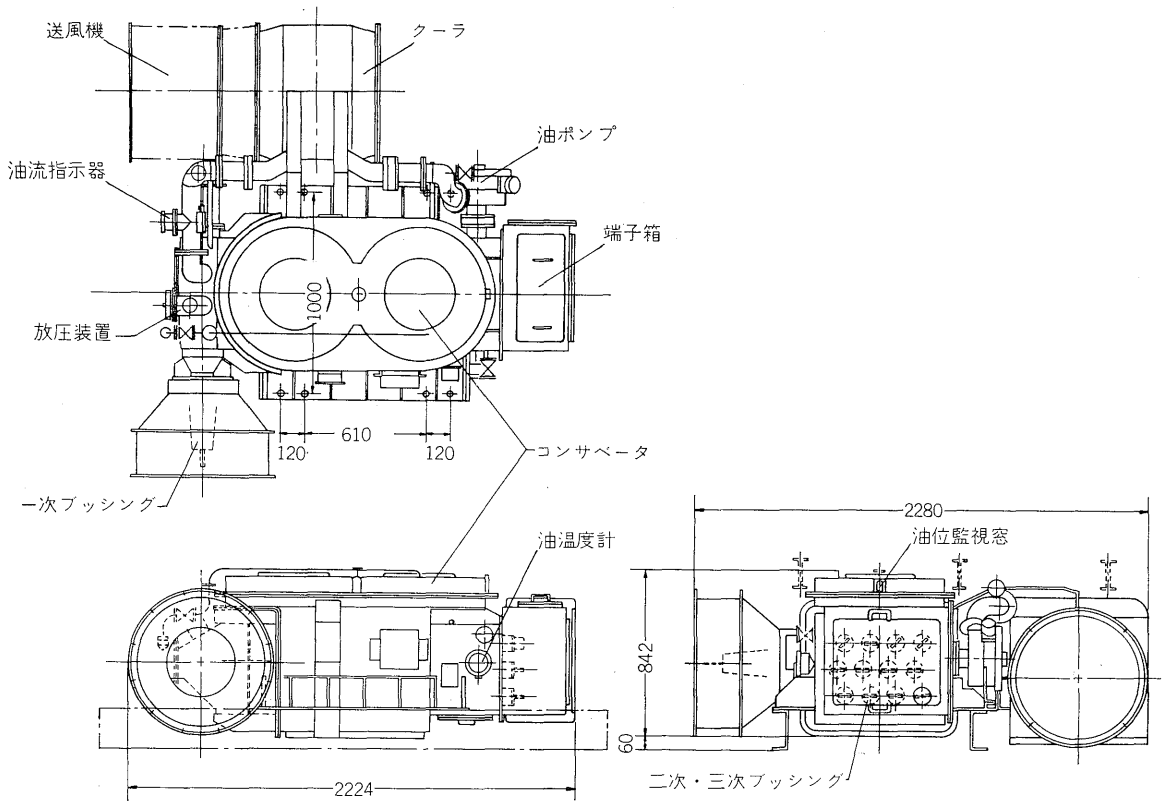
##### 2. 巻線

巻線構造を決定する際の要点として、規格上の仕様を考慮しながら絶縁ならびに冷却効率の合理的改善を図り、巻線の寸法を縮小して、鉄心窓の有効利用と中身全体の小形化を図った。冷却面では、シリコン油の熱伝達係数は不燃性油とほぼ同等であり、循環油流速を同じくすれば巻線内の冷却係数もほぼ等しくとることができる。

一方各コイルのダクト内油流状況は、実器を模擬した平面的冷却ダクトモデルを用いて、油流速および損失水頭の測定を行なった。実験装置は第5図のとおりである。試験の結果、各部の油流はほぼ均一であり、実用的になら問題のないことを確認した。

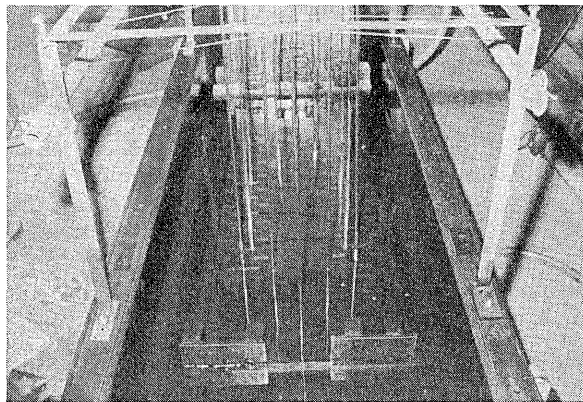
##### 3. 中身組立構造

本器の主要組立順序を第6図に示す。鉄心に巻線をそ



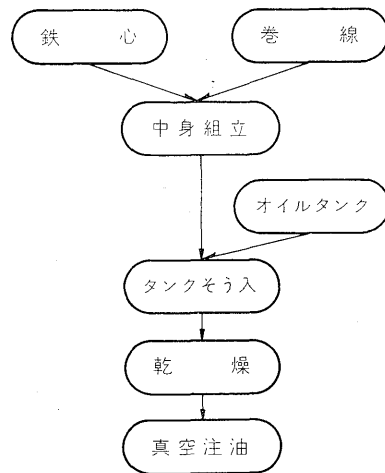
第 4 図 車両用試作変圧器外形図

Fig. 4. Outline of traction transformer



第 5 図 巻線内油流実験

Fig. 5. Oil flow testing model of winding



第 6 図 変圧器主要組立順序

Fig. 6. Assembling process of transformer

う入し、特殊くさびを鉄心と巻線の間に入込み、このあと、所定前締力で巻線を締付け、寸法調整を行なったあと継鉄を組立て固定する。ここで配線作業を行ない上下タンクを覆せて、中身の組立てを完了する。

4. 付 属 品

1) オイルクーラ

冷却性能のすぐれたコルゲートフィンクーラを採用した。材質は全アルミニウム合金製とし、冷却風入口側に整流格子を取付けて冷却効率の向上につとめた。クーラの熱交換量は104kWである。油なし重量は102kgに抑えた。

2) オイルポンプ

軸方向空隙形の電動オイルポンプを採用した。シリコ

ーン油の潤滑性は不燃性油より劣る。したがって使用ベアリングについて寿命比較試験を行ない、シリコン油中においても充分実用可能なことを確認した。

3) ブ ッ シ ン グ

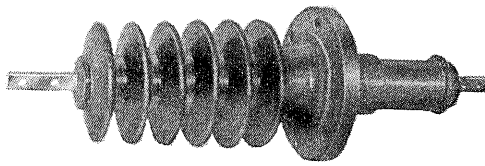
本器に使用した高圧用、低圧用各ブッシングは、第 4 表に示す耐熱性の高いエポキシ樹脂を用いている。

前者は第 7 図に示すような、新しい 30kV 級の耐熱エポキシブッシングとして開発したものである。このブッシングは電気特性および耐ヒートサイクル性にすぐれている。たとえば、コロナ特性について、試験電圧の 42 kV においても 0.1pC 以下であり、気中における 150℃ ↔ 20℃ という厳しいヒートサイクル試験後も 0.4pC 以下ですぐれた特性を示している。また、最高 150℃ のシ

第4表 ブッシング用エポキシ樹脂の特性

Table 4. Characteristics of epoxy-resin for bushings

特 性	耐熱エポキシ樹脂	
熱変形温度 (°C)	154	
ガラス転位点 (°C)	180	
線膨張係数 (1/°C)	$2.3 \times 10^{-5}$	
曲げ強さ (kg/mm <sup>2</sup> )	25°C	13.2
	100°C	10.7
	140°C	7.7
シリコン油浸漬後の曲げ強さ (kg/mm <sup>2</sup> ) (140°C, 3,000時間後)	12.0(25°C)	

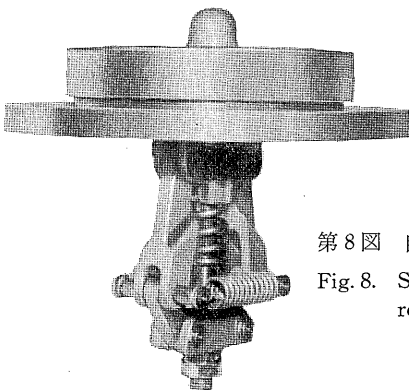


第7図 耐熱エポキシ樹脂ブッシング  
Fig. 7. HT epoxy-resin bushing

リコン油中のヒートサイクル試験においても長期にわたって安定した特性を有している。

4) 放 圧 装 置

運転中、内部事故などで万一タンク内圧が上昇したときに容器の許容圧力内で確実に動作し、かつ放出油量を最小に抑えることを目的として高性能自己復帰式放圧装置を開発した。この装置の外観は第8図のとおりであり、動作圧力は0.6~0.8kg/cm<sup>2</sup>である。



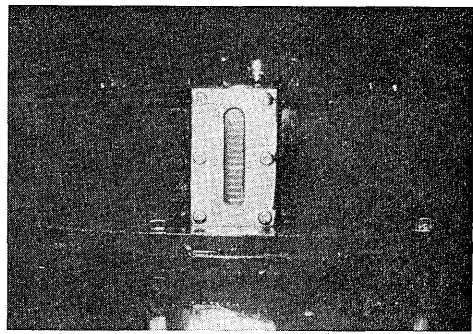
第8図 自己復帰式放圧装置  
Fig. 8. Self-reset type reliefvalve

5) コンサベータ

本器は無圧密封構造である。したがって温度変化に伴う油の膨張収縮に対し、気体、水分などが透過しない金属ペローズを採用しオイルコンサベータを構成している。ペローズの材質は、繰返し伸縮に対し長寿命(3回/日×15年≒16,500回以上)かつ耐食性にすぐれるステンレス(SUS27)を採用した。

6) 油位表示装置

前記コンサベータ外壁に第9図に示す油位表示監視窓を設けている。油位はペローズのリブの一端に白色マー



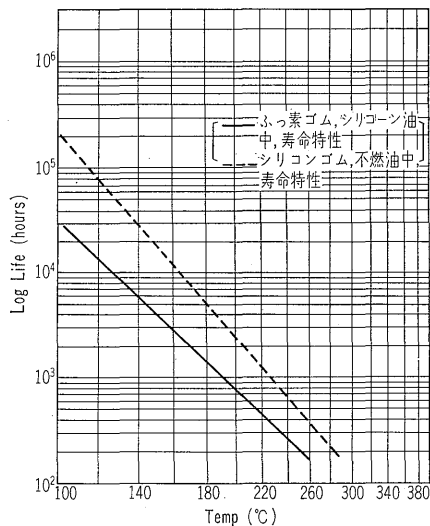
第9図 コンサベータ油位監視窓

Fig. 9. Oil level indicator of oil-conservator

クを付け、このリブの上下動を前記窓を通して直接監視できる簡単な構造とした。

7) ガ ス ケ ッ ト

110°C高温シリコン油中で使用されるため、耐熱性にすぐれるふっ素ゴム(商品名バイトンB)を使用した。バイトンのシリコン油中温度寿命特性は実験の結果、圧縮率20%において圧縮永久変形率90%の時を寿命とした場合、第10図のとおりである。なお、バイトンBの寿命はシリコンゴムに比べると短い、そこでさらに耐熱寿命特性を改善した新しいふっ素ゴムの実験を進めている。



第10図 ふっ素ゴムの温度-寿命特性(バイトンB)  
(圧縮率20%, 圧縮永久変形率90%時を寿命とする)  
(参考: シリコンゴム(不燃油中)の温度-寿命特性)

Fig. 10. Temperature-life characteristics of gasket

VI. 乾燥および油処理

ノーマックスの飽和吸湿率は7~8%と比較的大きい。また、高温中で水分が多く介在すると耐熱温度が低下する傾向を示す。したがって中身の乾燥は充分に行なう必要がある。

本器は110℃で約100時間真空乾燥したあと、0.1 Torr 以下の高真空下で注油を行なった。乾燥の終点は、各巻線の  $\tan \delta$  経時変化を観測し、その飽和到達をもって確認した。これに先立ち、ノーマックス材料の  $\tan \delta$ -温度特性と含有水分量の関係について、あらかじめ同一材料モデルで実測した結果、従来のクラフト紙絶縁の場合とほぼ同様、 $\tan \delta$  による終点確認が充分可能なことを確めた。

一方シリコン油は吸湿性が非常に大きく、吸湿によって破壊電圧が低下するので注意を要する。とくに 100 ppm 近辺より急激に低下する傾向がある。また、油中溶解ガス量が多いときキャビテーションにより気泡を発生し、コロナの原因となるので入念な脱気と注油作業が必要である。本器は専用の脱気装置を用い脱気処理を行ない、注油の前に油の分析を行なって特性を確認している。

### VII. 試 験 結 果

本器は国鉄規格 (JR S 15302-1B) および TM920 形変圧器の規格(案)、そのほかの関連規格に準じて各試験を実施した。

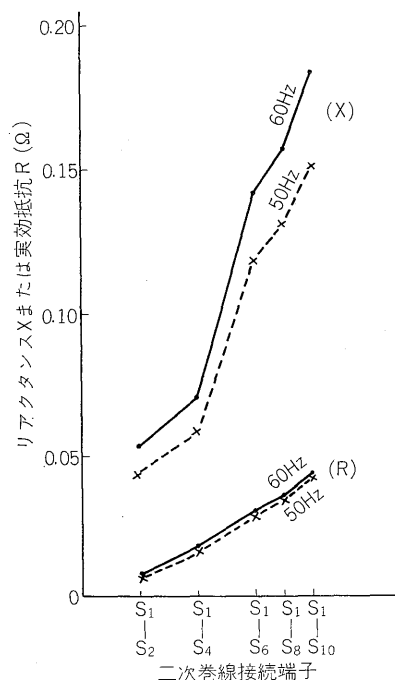
試験結果は各項目について規格値を満足する好結果をえた。とくに、試作器のコロナ試験では最高回路電圧 (30kV) から加圧試験電圧 (42kV) のあいだにおいて有害コロナの発生は認められず、ほとんどコロナフリーであった。これは従来われわれが経験している油浸紙絶縁技術と同等に、シリコン油浸ノーマックス絶縁がすぐれていることを示すものといえる。おもな試験結果はつぎのとおりである。

#### 1. 一般特性試験

第 5 表 試作器の試験項目

Table 5. Test items of traction transformer

一般試験	形式(特殊)試験
1. 構造検査	1. 油密試験
2. 極性試験	2. コロナ試験
3. 変圧比試験	3. 振動試験
4. 巻線抵抗測定	4. 移行電圧試験
5. 無負荷試験	5. 封入油特性試験
6. 短絡試験	6. 油流実験
7. 転流リアクタンス算定	7. ベアリング寿命試験
8. 効率算定	8. 30kVプッシング試験
9. 温度上昇試験	9. 放圧装置試験
10. 誘電正接測定	
11. 絶縁抵抗測定	
12. 絶縁耐力試験	
誘導試験	
加圧試験	
衝撃電圧試験	



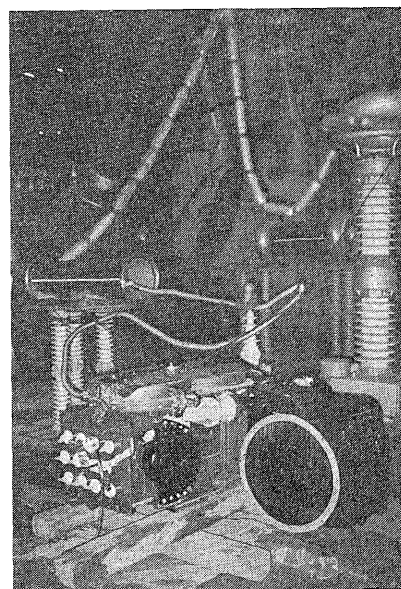
第11図 試作器のリアクタンス特性

Fig. 11. Reactance characteristics of traction transformer

本器の一般試験ならびに形式試験項目は第 5 表のとおりである。また、一次-二次間の抵抗およびリアクタンス特性を第11図に示す。

#### 2. コロナ試験

シリコン油浸ノーマックス絶縁システムにおけるコロナ特性については今回が初めてのものである。したがって変圧器組立後の経時変化を見る目的で、(1)変圧器の組立後 (30時間後)、(2)振動試験後 (約 300 時間後)、(3)温度試験後 (約 500 時間後) において、ERA法により各コロナ測定を実施した。試験状況を第12図に示す。試験結果は第 6 表に示すとおり、最高回路電圧 (30kV) においてもコロナの発生はなかった。また誘導試験 (加



第12図 コロナ試験

Fig. 12. Corona test of traction transformer

第6表 試作変圧器のコロナ試験結果 (ノーマックス絶縁)

Table 6. Corona characteristics of traction transformer

印加電圧 コロナ量(pC)	最高回路電圧 30kV	加圧試験電圧 42kV
(1) 第1回目	BGL以下(注)	80~90
(2) 2 "	"	2.5~3.5
(3) 3 "	"	5~9

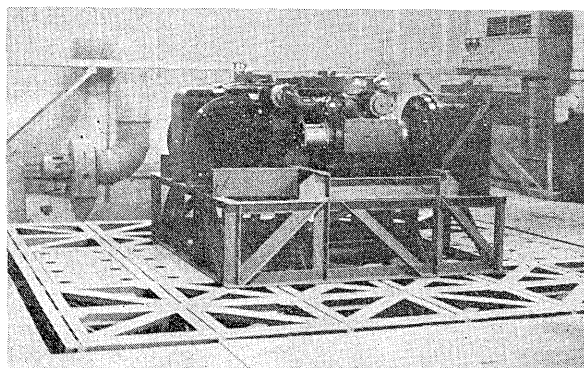
(注) BGL:外部雑音コロナレベル

圧試験)電圧(42kV)において最終的に5~9pC以下であり,本器が非常にコロナ特性にすぐれていることを示している.また,各試験においてはオイルポンプの運転時,停止時について繰返し測定を行なったが,コロナ発生状況にはまったく変化なく安定した特性を示した.

### 3. 振動試験

車両搭載用のため変圧器の耐振性は非常に重要である。

第13図に示すように,大形加振装置に変圧器を搭載し,JIS E 4031(鉄道車両用機器の振動試験)第2種B種に基づいて第7表に示す各種の振動試験を行ない,耐振性が充分であることを確認した.各部の振動加速度応答倍率および最大発生応力は第8表のとおりである.いずれもピークは25Hzないしは30Hzという高い周波数領域であり,その最大値は実用上差支えない値となっている。



第13図 車両用変圧器振動試験

Fig. 13. Vibration test of traction transformer

第7表 車両用変圧器の振動試験方法

Table 7. Specifications of vibration test

項目	試験方法
共振試験	1~5Hz(全振幅10mm),5~30Hz(加速度1G)
振動耐久試験	全振幅3.5mm(または加速度1.4G)10Hzにて上下方向4時間,水平方向各2時間加振する.
	共振点のある場合の追加試験 加速度1.4Gで,各共振点にて上下方向1時間,水平方向各0.5時間加振する. (試作器は,水平方向,25.3Hz,Y方向15.7Hz,上下方向21.7Hzについて実施した)
振動機能試験	各部位について試験前後の機能を比較する.

第8表 振動試験における各部の最大加速度倍率

Table 8. Vibration test results of traction transformer

測定部位	加振方向	共振点(Hz)	加速度倍率	応力(kg/cm <sup>2</sup> )
タンク本体(上部)	水平-X	30	5.2	—
導油管*	"	"	23.7	2,310
オイルポンプ配管取付部板	水平-Y	"	—	2,432
高圧ブッシングたわみ風胴	"-X	25	3.4	—
低圧ブッシングカバー(全アルミ)	上下-Z	30	1.6	—
オイルクーラ	水平-X	"	13.7	—
オイルポンプ	"	"	15.9	—
放圧管	"	25	16.2	—
コンサベータ(上部)	"	30	4.7	—
高圧ブッシング	"	"	20	—
低圧ブッシング	"	"	3.5	—

\* 応力は管取付部板で測定

### 4. 温度試験

定格電圧,定格周波数50Hz,全負荷時における温度上昇試験を行なった結果規格値(油85deg,巻線125deg各以下)を満足することを確認した。

なお,温度試験時の循環油量は約650ℓ/min(ポンプ定格流量700ℓ/min)と若干低い値を示した。

### 5. サージ移行電圧測定

車両用変圧器の二次巻線サージ移行電圧は,これに接続される整流器の耐電圧以下でなければならない。

たとえば,整流器の耐電圧を2,500Vとし,一次側侵入電圧の最高値を避雷器の放電電圧を120kVとすると,サージ移行率の許容限界Kはつぎのようになる。

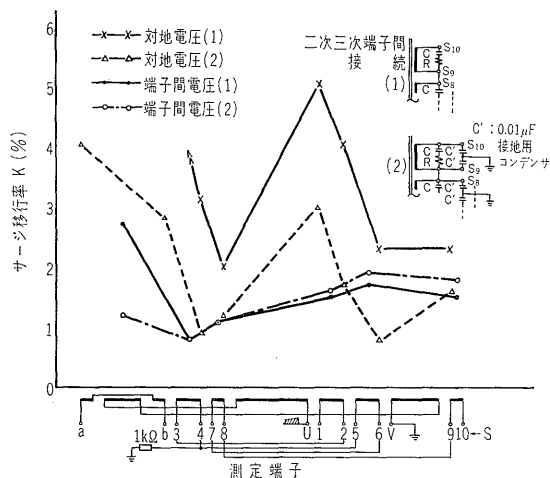
$$K_{\max} = \frac{2,500}{120 \times 10^3} \times 10^2 = 2.08(\%)$$

本器の試験は,二次側5巻線を直列接続し,各巻線端子間にC-Rを接続した回路構成と,さらに,各端子と大地間に接地コンデンサを接続した場合の2回路についてサージ移行電圧を測定した.印加電圧の波形は,1×40μs標準波および,波頭,波尾長の異なる,0.5×200μs,0.1×200μsの各波形について比較試験を行なった。

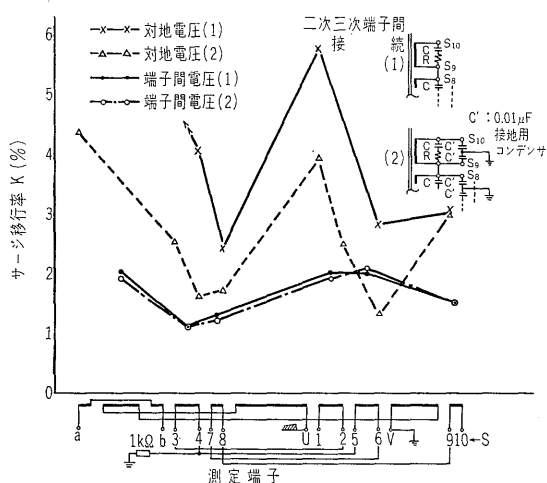
各巻線のサージ移行率の最大値は,標準波および0.1×200μsの場合について,第14図,第15図にそれぞれ示す。

試験結果の概要は次のとおりである。

- (1) 二次巻線端子間に生ずる移行電圧は2.08%以下である
- (2) 接地コンデンサ(0.01μF)を各端子に接続した場合,各端子の対地電位を大幅に低減する効果がある
- (3) しかしながら,端子間の発生電圧を抑制する効果は少ない



第14図 二次、三次巻線サージ移行率 (印加波形  $1 \times 40 \mu s$ )  
Fig. 14. Transferred surge distribution along windings



第15図 二次、三次巻線サージ移行率  
(印加波形  $0.1 \times 200 \mu s$ )

Fig. 15. Transferred surge distribution along windings

第 9 表 試作器充てんシリコン油の特性

Table 9. Characteristics of silicone insulation oil

測定項目	$\tan \delta$	体積抵抗	水分量	ガス量	耐電圧
採油 (試料) 状況	(%)	100°C ( $\Omega \cdot \text{cm}$ )	(PPM)	(Vol. %)	(kV)
脱気処理油 (注油前)	0.06	$2.0 \times 10^{16}$	30	0.57	56
1 回目 コロナ試験後本体油	—	—	32	1.07	—
2 回目 "	0.06	—	36	—	—
3 回目 コロナ試験前本体油	0.06	—	37	1.79	—

6. 封入油の特性

第VI項に述べたとおり、シリコン油は水分量、ガス量ともに飽和値が高く、かつこれによる油の絶縁特性の低下に直接影響を与える。したがって絶縁油の特性管理は重要である。本器の封入油の特性は第9表に示すとおりである。

VIII. あとがき

シリコン油浸ノーマックス絶縁は、本誌別論文にて報告しているように、耐熱性が非常に高い。したがってこれを採用することにより変圧器は非常に軽量化される。また、絶縁特性は従来の鉱油または、不燃性油含浸紙絶縁と同等の特性を有している。

当社は、前回のTM917形、軽量化試作にひき続き、今般、TM920形の軽量化主変圧器を試作することにより、新しい絶縁システムのすぐれた効果と適応性を確認するとともに、これらを含む車両用変圧器の製作技術を確立した。

なお、シリコン油は難燃性であり、従来の不燃性油にかわる無公害の新しい耐熱変圧器としても期待されている。





\*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。