

車両用日立静油圧ファン駆動装置

Hitachi Automatic Fan Control System with Hydro-Static Drive

渡辺 信一* 平川 洋一郎* 笠井 健次郎*
 Shin'ichi Watanabe Yoichirō Hirakawa Kenjirō Kasai

内 容 梗 概

ディーゼル車両用放熱装置のファン駆動には、これまで機械式または電気式が使用されてきたが、近年ディーゼル車両の軽量大形化が要求されるに及び、経済的運用をはかるため、静油圧駆動方式が採りあげられるようになってきた。

日立製作所においても、本方式の実用化をはかるため試作研究中のところ、このたび数々の特長を有する日立静油圧ファン駆動装置を完成した。

本装置は、1機関1液体変速機積載の日立 45 t 400 PS 液体式ディーゼル機関車に採用され、性能試験を行った結果、良好なる成績をおさめた。

1. 緒 言

ディーゼル車両用放熱装置のファン駆動には、これまで機械式または電気式がおもに使用されている。

機械駆動方式の場合には、放熱装置とディーゼル機関の積載位置はファン駆動軸の配置上互いに制約をうけ、またファン回転速度は機関冷却水の温度とは無関係に単に機関回転数によって左右されるので冷却水の適温保持は不可能であり、かつファン消費馬力の節減もできないなどの欠点がある。

一方電気駆動方式の場合には、これに使用する発電機、電動機の重量が重くなり、かつ高価になる欠点がある。

しかるにディーゼル車両が軽量大形化するにしたがって、放熱装置も配置上制約をうけるようになり、また機関冷却水の適温保持のためのファン回転速度の無段制御、およびファン消費馬力の節約も真剣に採りあげねばならぬようになってきた。

このためには、高圧高性能の油圧ポンプ・油圧モータ、およびファン速度制御用油量制御弁からなる静油圧ファン駆動方式が好ましく、近年西欧における大形ディーゼル車両には、ほとんどこの方式が採用されている⁽¹⁻⁷⁾。

静油圧ファン駆動方式とは、油圧ポンプ・油圧モータの組合せからなる静油圧動力伝達装置でファンを駆動し、回路中に油量制御弁を設け、機関冷却水温度に応じて油圧ポンプから油圧モータへ流れる油量の制御を行なってファン駆動用油圧モータの回転速度を調節して、冷却水を適温に保つことができるもので、この方式には次のような特長がある。

- (1) ファン駆動には、油管の連絡のみで動力伝達が可能であるので、機関積載位置とは無関係に放熱装置の取付を選定できる。
- (2) 機関冷却水を適正温度に保持できるので、機関のシリンダライナの摩耗の減少、ピストンリング・燃焼室まわりの耐久性の向上のために、機関寿命を長くすることができる。
- (3) 機関冷却水温度に応じて、ファン回転速度を停止から最高まで無段制御することが可能であるので、ファン駆動消費馬力の節減をはかることができる。

このような静油圧ファン駆動方式は、わが国においてもその実用効果が認められて漸次普及する気運にあり、日立製作所では本方式にいち早く着目し、数年にわたる試作研究の結果、車両用日立静油圧ファン駆動装置を完成した。

このたび本装置を日立 45 t 400 PS (HG-45 BB 形) 液体式ディーゼル機関車に使用し、性能試験を実施した。

* 日立製作所笠戸工場

以下本装置ならびに試験結果について紹介する。

2. 回路方式

車両用日立静油圧ファン駆動装置は、機関補機軸で油圧ポンプを駆動してファン駆動用油圧モータへ高圧油を送りこみ、圧力エネルギーを機械エネルギーに変換してファンを駆動し、油圧ポンプと油圧モータとを結ぶ回路中にサーモスタットを使用した油量制御弁を置き、機関出口の冷却水温に応じてファン回転速度を無段制御して、冷却水を適温に保つことができるものである。この系統図を第1図に示す。

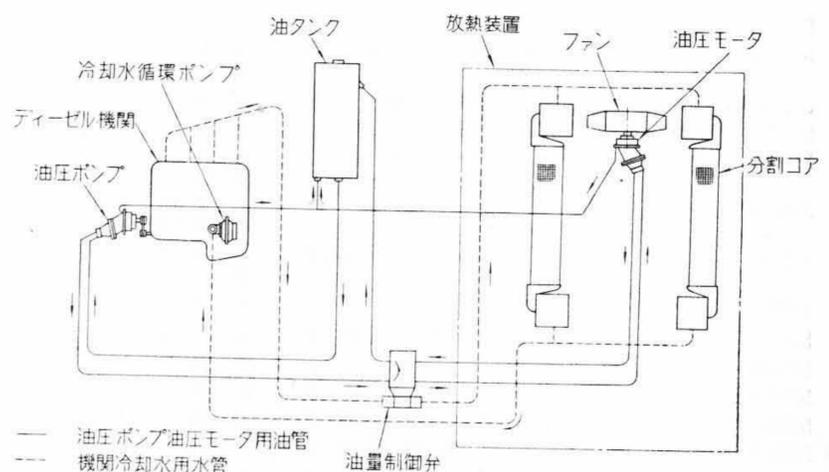
これに使用する油圧ポンプ・油圧モータは全く同一構造のもので、適当なサイズの油圧ポンプ・油圧モータを選定することによって、回路を構造簡単なオープンサーキットとしている。確実な水温制御を行なうためにサーモスタットには、日立強力ワックス作動式ヒタスタットを使用している。

3. 構成部品

静油圧ファン駆動装置を構成する主要部品には、油圧ポンプ・油圧モータおよびヒタスタットを内蔵した油量制御弁があり、これらはいずれも自家開発されたもので以下述べるように数々の特長をもっている。

3.1 油圧ポンプ・油圧モータ

油圧ポンプ・油圧モータには種々の形式があり、わが国でもいろいろの形が古くから製作されているが、ディーゼル車両用静油圧ファン駆動装置に使用する場合は構造簡単で第2図に示すような高効率の得られる高圧高性能アキシヤルピストン形油圧ポンプ・油圧モータが適当である。これらの要求を満足するため開発された各サイ



第1図 車両用日立静油圧ファン駆動装置系統図

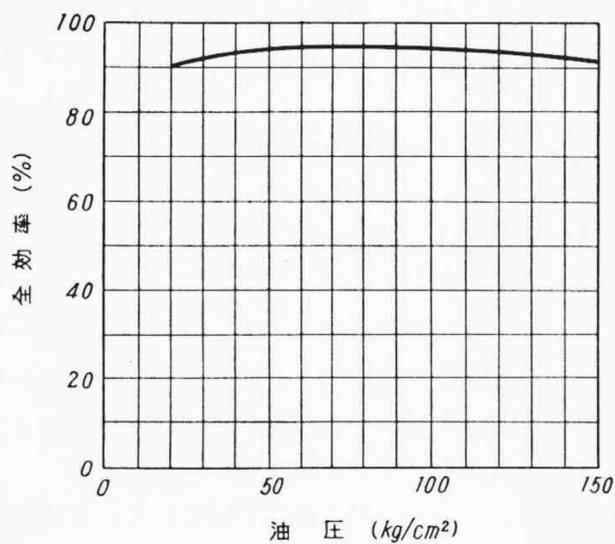
第1表 日立高圧アキシャルピストン形
油圧ポンプ・油圧モータ仕様

油 圧 ポ ン プ

形 式	最高回転 速度 (rpm)	吐 出 量 (l/min)			所 要 駆 動 馬 力 (PS)		
		100 kg/cm ²	125 kg/cm ²	150 kg/cm ²	100 kg/cm ²	125 kg/cm ²	150 kg/cm ²
FL 16	1,450	40.0	39.9	39.7	9.8	12.3	14.7
FL 20	1,450	78.5	78.3	77.9	19.2	24.1	28.9
FL 25	1,450	151.2	150.9	150.1	36.9	46.3	55.5
FL 32	970	216.2	215.7	214.6	51.7	65.0	78.7

油 圧 モ ー タ

形 式	最高回転 速度 (rpm)	吸 込 量 (l/min)			回 転 力 (kg-m)		
		100 kg/cm ²	125 kg/cm ²	150 kg/cm ²	100 kg/cm ²	125 kg/cm ²	150 kg/cm ²
FL 16	1,450	41.0	41.1	41.3	4.1	5.1	6.1
FL 20	1,450	80.5	80.7	81.1	8.0	10.1	12.0
FL 25	1,450	155.2	155.5	156.3	15.5	19.3	23.2
FL 32	970	221.9	222.3	223.4	33.7	42.0	50.0



第2図 アキシャルピストン形油圧ポンプ・油圧モータの特性

これらの仕様を満足するよう開発されたのが日立強力ワックス作動式ヒタスタットであり、外観を第5図に、特性を第6図に示す。

このヒタスタットは非常に小形軽量で耐久性にすぐれ、ケーシングが堅ろうにできているので外部の影響を受けずに各温度に相当するストロークが確実に得られる。また出力が強大で弁やスイッチを直接操作でき、外部温度変化に対して十分の追従性を有するように内部構造に工夫が払われている。

この油圧ポンプ・油圧モータは、構造簡単、小形高効率、正逆回転可能、耐久性などの点を考慮して設計製作されている。

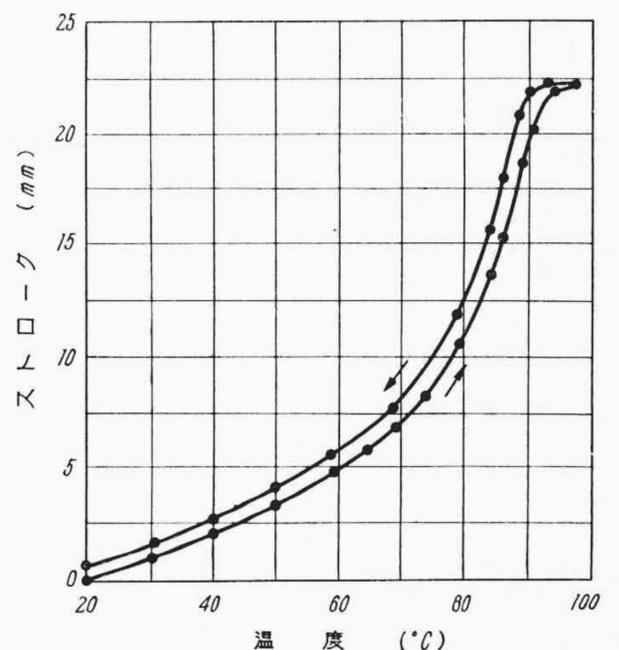
3.2 ヒタスタット

油量制御弁には、従来ベローズ式サーモスタットが使用されてきたが、これはベローズの耐圧強度の点から大きな出力が得られず、耐久性、特性その他の点から、実際の使用に当っては種々問題がある。

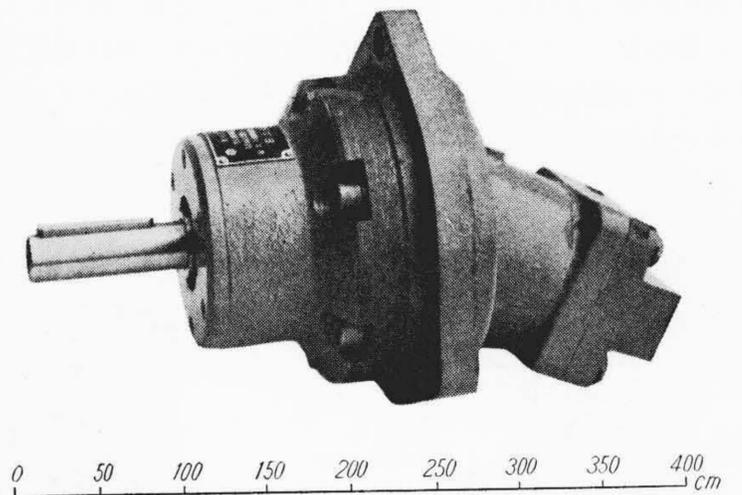
ワックス式サーモスタットは比較的新しく開発されたもので、ワックスが溶融するときの体膨脹をストロークとして取り出すものであり、ベローズ式に比べ、狭い温度範囲で大きなストロークが得られ非常に小形にできかつ大きな力を得ることができる。



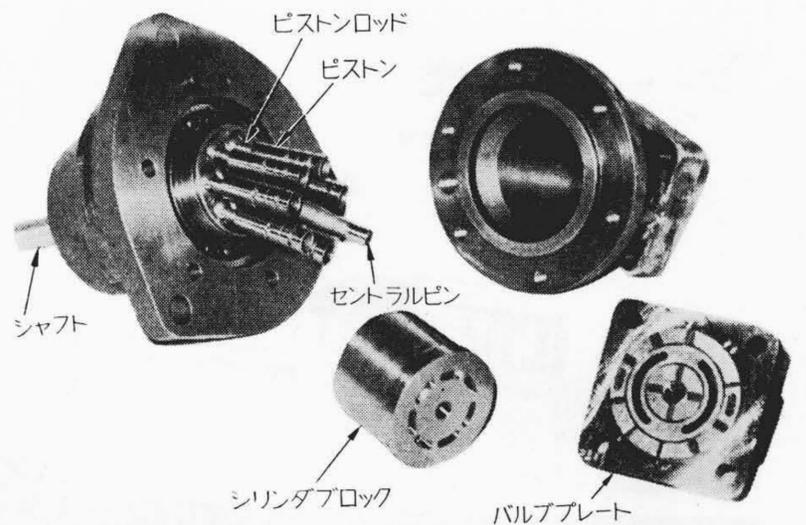
第5図 日立強力ワックス作動式ヒタスタット



第6図 ヒタスタットの温度—ストローク特性



第3図 日立高圧アキシャルピストン形 FL-20 油圧ポンプ・油圧モータ



第4図 油圧ポンプ・油圧モータの内部構造

これらの仕様を満足するよう開発されたのが日立強力ワックス作動式ヒタスタットであり、外観を第5図に、特性を第6図に示す。

このヒタスタットは非常に小形軽量で耐久性にすぐれ、ケーシングが堅ろうにできているので外部の影響を受けずに各温度に相当するストロークが確実に得られる。また出力が強大で弁やスイッチを直接操作でき、外部温度変化に対して十分の追従性を有するように内部構造に工夫が払われている。

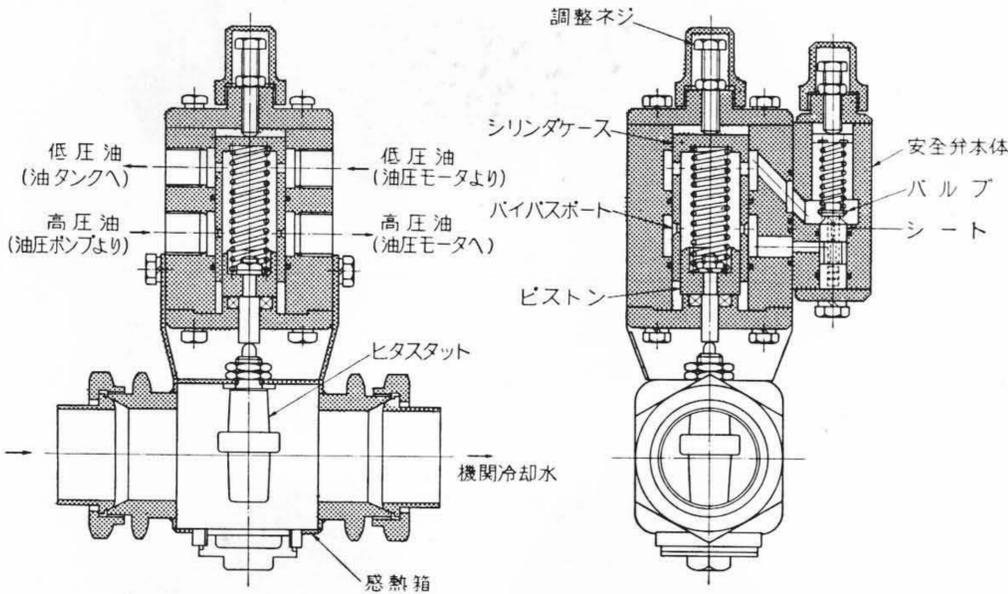
3.3 油量制御弁

油量制御弁の構造を第7図に示す。これは感熱箱の部分が開閉冷

却水管内に取付けられ、ヒタスタットによって水温を検出してピストンを動かし、バイパスポートの開閉を行なって、油圧ポンプから油圧モータへ流れる高圧油量を調整し、水温に応じてファン駆動用油圧モータの回転速度を停止から最高まで無段制御することができる。また上ぶたに設けられた調整ネジによってバイパスポートを設

けたシリンダケースを上下させ、制御温度範囲の調整ならびに油圧モータ回転速度の手動制御ができるよう考慮されている。

この油量制御弁には安全弁が内蔵されているので、回路中に別に安全弁を設ける必要もなく、安全弁部分は制御弁本体から取りはづしが可能であるので、安全弁単独の調整試験、取換を容易に行なうことができる。



第 7 図 油 量 制 御 弁

4. 現 車 試 験

日立 HG-45 BB 形液体式ディーゼル機関車 (第 8 図に外観を示す) に積載した日立静油圧ファン駆動装置の仕様を第 2 表に示す。油圧ポンプ、油圧モータ、油タンクの取付状況をそれぞれ第 9 図、第 10 図、第 11 図に示す。

構内試験線において実施した本装置の性能試験結果を第 12 図に示す。このオシログラムにみられるように、ファンは機関冷却水の温度変化に応じてきわめて円滑に回転速度の制御が行なわれ、機関出口水温は計画値通りの狭い温度範囲に制御されていることがわかる。

5. ファン消費馬力の節約に関する考察

従来のディーゼル車両において、ファンを機械的に駆動する方式のものでは、機関冷却水温に無関係にファンが常時駆動されるため、必要以上にファン駆動馬力が消費されている。

本装置では、第 12 図に示すように、機関回転速度一定のもとでも、機関冷却水温に応じてファン回転速度を停止から最高まで無段制御することができるので、従来の機械式ファン駆動方式に比べてかなりのファン消費馬力の節約となる。

本装置では、ファンが最高速度で回転している場合以外は、油量制御弁で高圧油がバイパスされる分だけ損失となる。このバイパス損失について以下に検討する。

油圧ポンプ・油圧モータの効率を 100% とし、記号を次のように定める。

L_p : 油圧ポンプ所要馬力 (PS)

L_f : ファン駆動所要馬力 (=油圧モータ出力) (PS)

n : ファン回転速度 (rpm)

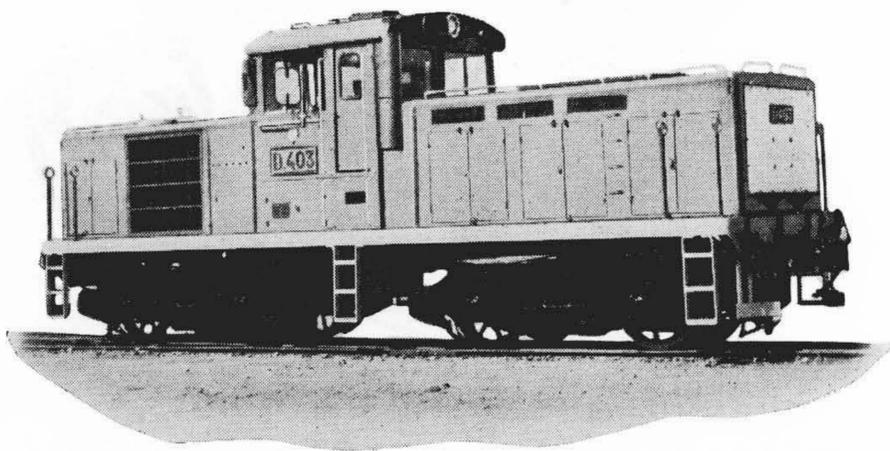
p : 油圧 (kg/cm^2)

Q_p : 油圧ポンプ吐出油量 (l/min)

Q_m : 油圧モータ流入油量 (l/min)

L_b : バイパス損失 (PS) $= L_p - L_f$

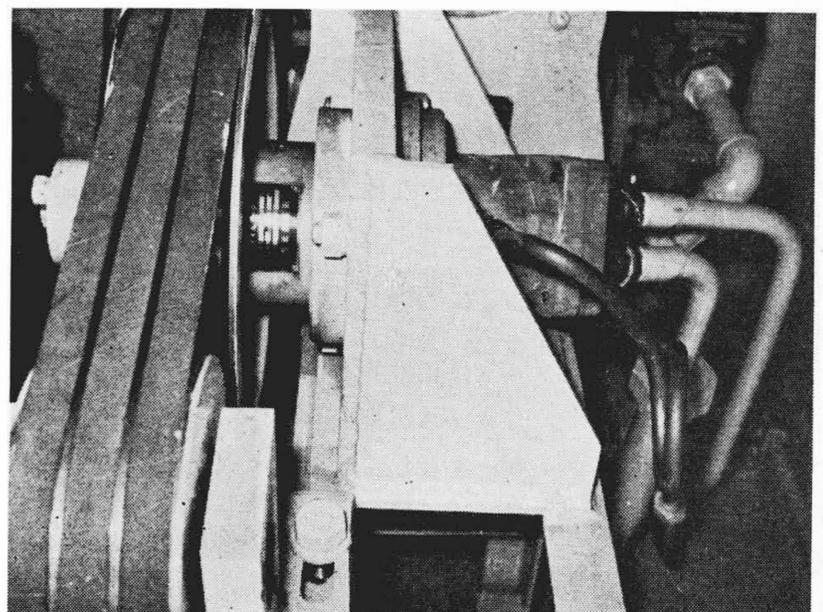
油圧ポンプ所要馬力、ファン駆動所要馬力はそれぞれ次式であらわされる。



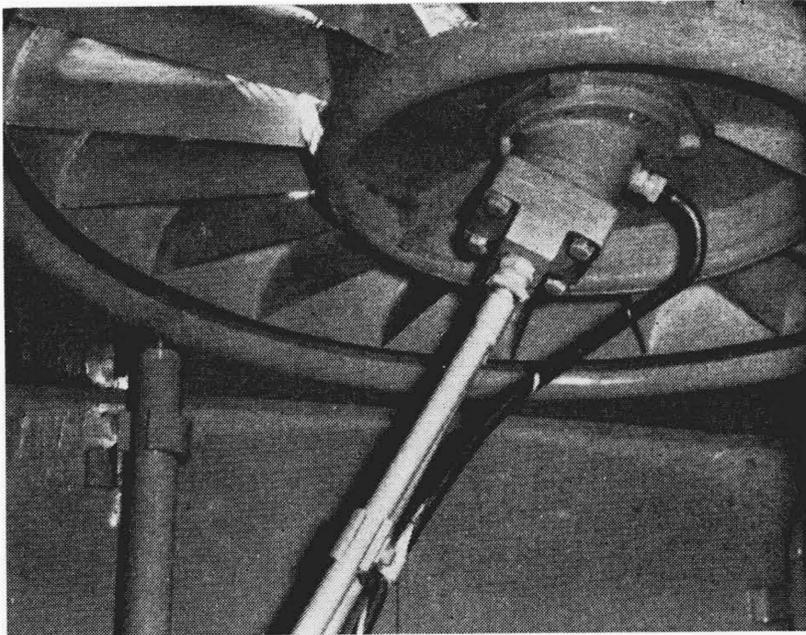
第 8 図 日立 HG-45 BB 形液体式ディーゼル機関車

第 2 表 日立 HG-45 BB 形液体式ディーゼル機関車用
日立静油圧ファン駆動装置主要目

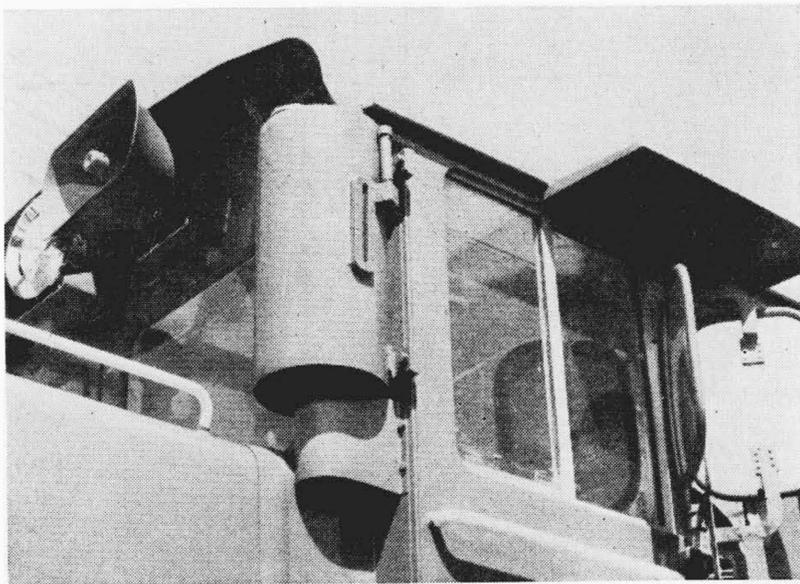
回 路	方 式	オープンサーキット
油 圧 ポ ン プ 油 圧 モ ー タ	数 量	各 1
	使 用 形 式	FL-20
	最 高 回 転 速 度	1,450 rpm
	最 高 使 用 圧 力	150 kg/cm^2
油 量 制 御 弁	数 量	1
	制 御 温 度 範 囲	79~85°C
	制 御 油 量	75 l/min
	安 全 弁 セ ッ ト 圧 力	150~180 kg/cm^2
プ ロ ペ ラ フ ァ ン	数 量	1
	回 転 速 度	1,000 rpm
	風 量	700 m^3/min
	全 風 圧	33 mmAg
油 タ ン ク	数 量	1
	容 積	25 l
	構 造	マグネチックフィルタ付



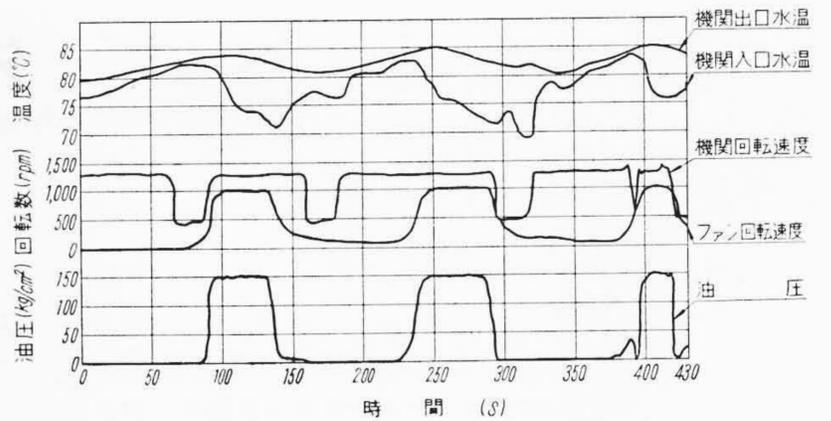
第 9 図 油 圧 ポ ン プ の 取 付 状 況



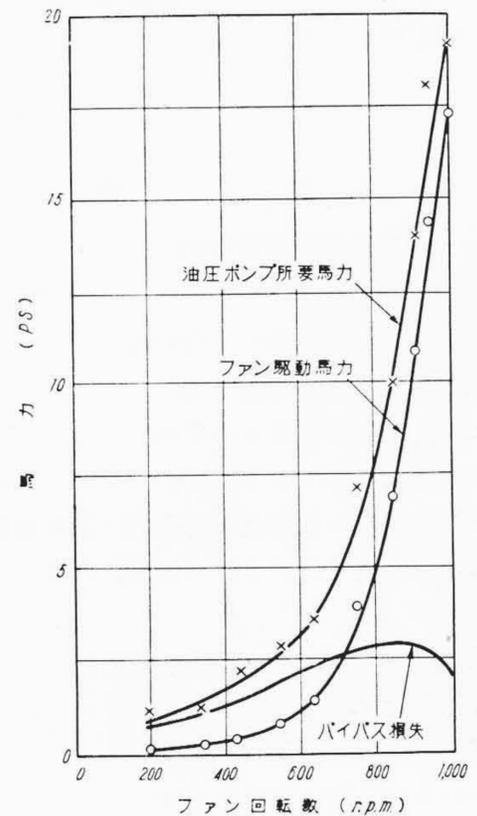
第10図 油圧モータの取付状況



第11図 油タンクの取付状況



第12図 車両用日立静油圧ファン駆動装置の動特性



第13図 バイパス損失

$$L_p = \frac{Q_p \cdot p}{450} = L_{f \max} \frac{Q_p}{Q_{m \max}} \cdot \left(\frac{n}{n_{\max}} \right)^2 \dots\dots\dots (1)$$

$$L_f = L_{f \max} \left(\frac{n}{n_{\max}} \right)^3 \dots\dots\dots (2)$$

したがってバイパス損失は

$$L_b = L_{f \max} \left(\frac{n}{n_{\max}} \right)^2 \cdot \left(\frac{Q_p}{Q_{m \max}} - \frac{n}{n_{\max}} \right) \dots\dots\dots (3)$$

となる。ここで $n/n_{\max} = x$ とおけば $dL_b/dx = 0$ となる x の値で L_b は最大となる。すなわち $x = 2 Q_p / 3 Q_{m \max}$ において

$$L_b = 0.148 L_{f \max} \left(\frac{Q_p}{Q_{m \max}} \right)^3 \dots\dots\dots (4)$$

となる。(4)式に示す L_b は $Q_p = Q_{m \max}$ のとき最小となり、したがって $Q_p = Q_{m \max}$ となるように油圧ポンプ・油圧モータを選定することが最も望ましいことがわかる。この場合には、 $x = 2 Q_p / 3 Q_{m \max}$ すなわちファン回転速度が最高回転の 67% のときバイパス損失が最高となり、このとき(4)式よりファン最高回転時消費馬力の 14.8% がバイパス損失となり、機械式ファン駆動方式に比べてバイパス損失最高の場合においても 85.2% の消費馬力の節約となることがわかる。

上述の試験結果のうち、機関回転速度 1,250rpm の測定例を第13図に示す。これによれば、バイパス損失はファン回転速度 850 rpm (最高回転速度 1,000 rpm の 85%) において最高約 3 PS となり、こ

れは油圧ポンプ最高所要馬力 19.1 PS の 15.7% にあたり、機械式ファン駆動方式に比べてかなりの馬力節約となっていることがわかる。

6. 結 言

このたび上述のような特長を有する車両用日立静油圧ファン駆動装置を完成し、現車積載試験を実施した結果、満足すべき性能であることが確認された。

本装置は、ディーゼル車両のファン駆動用のみならず空気圧縮機などの空制補機駆動にも応用することができるなど用途は多岐にわたり、本装置の完成は、今後大形ディーゼル車両の発展に大いに寄与するものと考えられる。

参 考 文 献

- (1) Friedrich, Fürst: Glassers Annalen 80, 159 (Jun./Jul. 1956)
- (2) Friedrich, Seidel: Eisenbahntechnische Rundschau 11, 430 (Nov. 1957)
- (3) Frank: D.R.T. 307, 471 (Dec. 1957)
- (4) The Oil Engine and Gas Turbine 296, 368 (Feb. 1958)
- (5) M.T.Z. 19, 223 (Jun. 1958)
- (6) Grassmann: A.T.Z. 60, 222 (Aug. 1958)
- (7) D.R.T. 339, 309 (Aug. 1960)