

# ドライブトレイン用電動ポンプユニットの開発

阪田隆敏 横井弥壽雄

## Development of Electric Pump Unit for Drive Train

T. SAKATA Y. YOKOI

Koyo has developed an electric pump unit using 42V motor for drive train, considering the increasing trend of 42V supply in the near future. This pump is a circumscription type gear pump and motor is a brushless sensorless type. Down sizing and cost reduction are taken into consideration by unitizing a pump and a motor

**Key Words:** Electric pump, drive train, 42V motor, brushless sensorless

### 1. はじめに

近年の地球環境問題に関連し自動車では交差点などで停車時にエンジンを止めるアイドルストップが一部の車両でなされている。AT(Automatic Transmission: 自動変速機)車, CVT(Continuously Variable Transmission: 無段変速機)車ではエンジン駆動のオイルポンプを油圧源として変速機を作動させているため、アイドルストップ時は次の発進の際に油圧不足の問題が発生する。この場合において、エンジン停止時であっても電動ポンプを使用すれば、トランスミッションがいつでも始動できるような状態にすることができる。また、電動ポンプをエンジン駆動ポンプと併用補助することでエンジン駆動ポンプを小型化することもでき、エネルギー損失の低減を図ることも可能となり、ドライブトレインにおける電動ポンプの適用範囲は広い。

一方、欧州を中心にエネルギー損失低減を目的として、エンジン補機などの電動化のためバッテリーの42V化が検討されている<sup>1),2)</sup>。Koyoでは42V化も視野に入れ、ドライブトレインに適用できるポンプ・モーター体のポンプユニットを開発した。本報ではこれら内容について紹介する。

### 2. 電動アシストポンプ開発の狙い

エンジン駆動のオイルポンプを設計する際、エンジンのアイドル回転時に必要な流量を確保するようポンプ容量を設定しなければならない。ポンプの吐出流量はエンジン回転数にほぼ比例して大きくなる。エンジン回転数がアイドル回転数より

も大きくなると、流量が過剰となり、エネルギー損失が発生する。したがって、通常走行時は常にポンプによるエネルギー損失が発生しており、燃費改善の余地がある。エンジン駆動ポンプを小さくするとエネルギー損失は小さくなるが油量が不足する場合がある。この時、不足分を電動ポンプによって油量を補助すれば機能として成立する。以上が最も単純な場合の電動アシストポンプの効果で、図1に概念を示す。

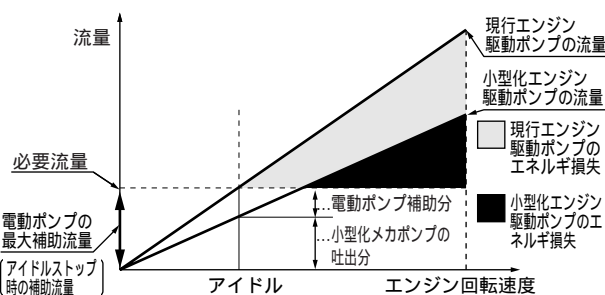


図1 電動アシストポンプの効果  
Effect of electric assist pump

また、図1よりアイドルストップ時でのポンプ補助流量と回転数がそれ以上の場合での補助流量とは異なっている。必要とする補助流量に応じてモータ回転数を制御すれば、システムとしてより合理的である。

図2はAT, CVTにアシストポンプを搭載した場合のシステム例で、回転数制御ができるようドライバも含めている。高電圧化を行い、電流値を下げることでコントローラの効率ダウンを低減できる。したがって、この構成は12Vよりも42Vに適用しやすい構成である。

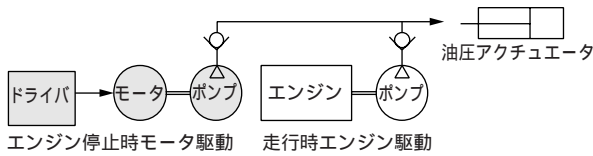


図2 電動補助ポンプを使用したシステム例

An example of system using electric assist pump

なお、最終的にメカポンプを取り外し、すべてを電動ポンプでまかなうようにすればエンジン駆動ポンプが発生させるエネルギー損失はなくなる。しかし、トランスミッションに必要な油圧源をすべて電動ポンプでまかなった場合、オルタネータの発電力が追いつかなくなるといった問題が発生する。また、モーターの使用頻度が高いため耐久性を向上させようとすると出力の大きいモーターが必要となり、サイズ、重量、コストが大きくなる。小型化ポンプの設定はエンジン回転数の使用頻度が高い1 500~2 000min<sup>-1</sup>の間で必要流量が発生できる吐出量にするのが望ましい。

### 3. 使用条件

ドライブトレイン用電動ポンプの適用にあたって種々の検討を行ってきた。電動ポンプの使用域を油圧パワーステアリング用の使用域と併せて図3に示す。検討車種は排気量660cc~2 000ccである。

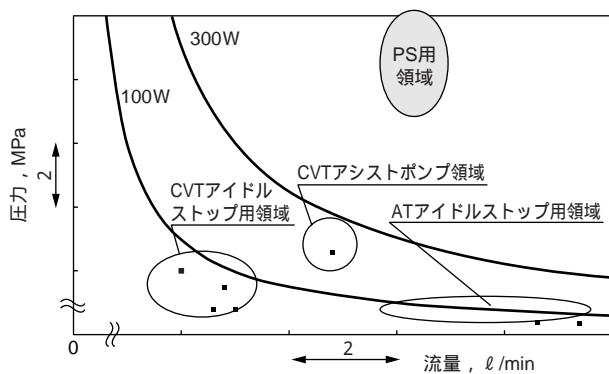


図3 駆動系用ポンプの使用域

Application conditions of electric pump for drive train

図3よりドライブトレイン用のポンプは比較的低压で用いられること、流量は用途によって幅広いレンジが必要であることが分かる。また、2 000ccの排気量の車両で最大300W程度の動力が必要である。

トランスミッションの発進アシスト用ポンプとして要求される動力は100W弱である。しかし、アシストポンプとして使用するのであれば、最大必要流量時にエンジン駆動ポンプの不足流量を補う

量によって電動ポンプの必要流量が変わってくる。

CVTの場合、最もポンプにとって厳しい条件となるのは高速走行から急停車をする場合などで、エンジン回転はアイドル状態で最大圧力、最大流量が求められる。この条件下で、エンジン駆動ポンプをどのような吐出量で設定するかによって電動ポンプの吐出流量が決定される。その他の条件も併せて表1にまとめる。

表1 駆動系用ポンプの使用条件

Specifications required for pump

項目	条件
油 圧	0.3~4.0MPa
流 量	4.0~10.0 ℓ / min
雰囲気温度	- 40~120 (油温: 常温~160 )
油 種	ATF, CVTF( 鉱油系 )

## 4. 電動ポンプユニットの開発

### 4.1 ポンプ

ポンプには種々のタイプがあるが代表的なポンプの長所・短所を表2に示す<sup>3),4)</sup>。

表2 各ポンプの比較

Characteristics of pumps

	長所	短所
ピストン	・効率良 ・大流量	・耐異物性小 ・脈動大 ・重量大
ベーン	・騒音小 ・脈動小	・耐異物性やや小 ・低温始動不利
外接式ギヤ	・低価格 ・耐異物性大 ・低温始動有利	・騒音大 ・脈動やや大
トロコイド	・低価格 ・回転速度域が広い ・構造が簡単・軽量 ・脈動小	・高圧仕様なし ・効率悪い( 高圧域 )

駆動系に用いるポンプに必要な適性は高信頼性、低コスト、低騒音、高性能、コンパクトなどがある。外接式ギヤポンプは騒音の問題があるものの、最も効率の良い2 000min<sup>-1</sup>付近での使用は比較的騒音で音の問題を避けることができる。またモーターにとって効率の良い回転域は2 000~3 000min<sup>-1</sup>で相性が良いこと、および他の適性とのバランスを考慮して、本開発ポンプとして外接ギヤポンプを選定した。また、高効率化のため、圧力バランス材構をもつサイドプレートを付与した。

4.2 モータとドライバ

駆動系に使用する電動ポンプユニット用モータは1)~5)の要求性能を満足する必要がある。

- 1) 高温( ~160 )で高い信頼性を有すること。
- 2) 防水性があること。
- 3) 始動性に優れていること。
- 4) 音, 振動がないこと。
- 5) 長時間連続使用ができること。

モータの長寿命化を達成するためには, 通常のブラシ付モータでは不十分である。耐久性および42V化, 制御も考慮するとブラシレスモータが妥当と言える。通常, ブラシレスモータはセンサを使用しており, 最も一般的なものはホール素子であるが, 120 程度で機能しなくなる問題がある。モータの内部は発熱により, 周囲の雰囲気温度よりもさらに温度が高く, 180 から200 になると考えられ, 駆動系に使用するモータにはホール素子の使用は適当ではない。センサの中にはレゾルバ等高温対応のものが存在するが, 価格の問題がある。

そこでセンサを使用しないブラシレス・センサレスモータが必要となる。センサレスモータはすでに家電製品であるエアコンに使用されており, 長寿命化, コストダウン目的で掃除機, エアータオルなどに拡大されつつある。しかし, センサレスモータは始動性が悪いためコミュレーション(センサレス)モードになるまでに約10sec, 速いものでも2 sec程度の相当の時間を必要とする。

さらに駆動系に使用する電動ポンプ用モータには耐熱, 長寿命のほか始動時の高速応答も要求される。

今回開発したドライバは始動性の速さを追求したものであり, ドライバ回路の概念図を図4に示す。

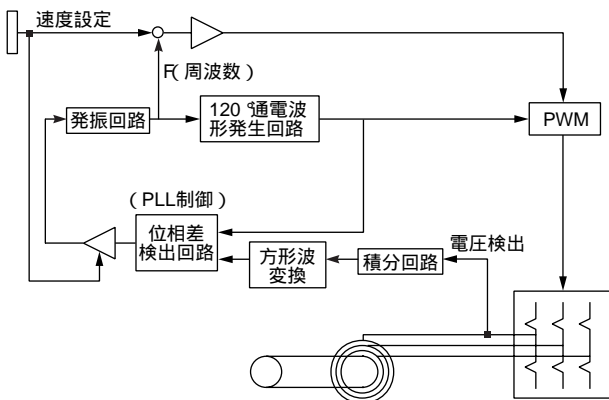


図4 センサレスドライバの回路  
Sensorless driver circuit

このドライバは従来のセンサレスモータ制御である同期電動機モードからコミュレーション(センサレス)モードに切り替わるまでのロス時間をなくし, 起動開始直後, すぐにコミュレーションモードに切り替わるよう工夫をしている。センシング時間を短くするためモータコアの極数アップをし, 制御回路を工夫することで非常に始動性の良いものとなった。図5は本電動ポンプに使用されているブラシレスセンサレスモータの始動性を測定したもので, 通電してから何秒で最大回転数になるのかを横軸時間, 縦軸回転数で表したものである。結果は約0.06secであった。

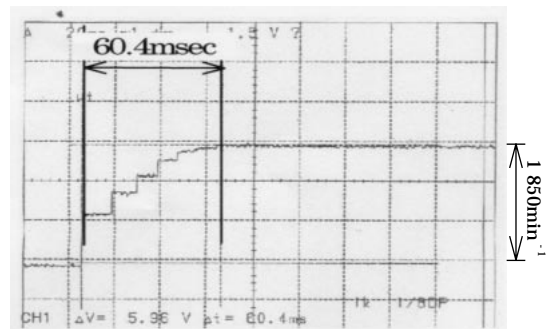


図5 ブラシレスモータ始動性確認データ  
Results of motor startability data

駆動系に使用する電動ポンプ用モータはドライバを含め表3の如く補助用ポンプを狙いとするため, 約280Wの出力とした。

表3 モータ要求仕様  
Motor specifications

モータ形式	ブラシレス・センサレス
電源電圧	DC42V
使用雰囲気温度	- 40 ~ 120
防水, 防錆仕様	モータヨークの防錆処理 ヨークからエンドプレート間にガスケット挿入
負荷状態	短時間定格( 必要時反復使用 )
負荷トルク	Max 5 N・m
回転速度	0 ~ 1 850min <sup>-1</sup>
ロックトルク	5.8N・m
定格ポイント	・ 定格トルク 3.2N・m ・ 回転速度 830min <sup>-1</sup> ・ 定格出力 278W( アシスト用のため, 稼動時間は短い )
モータ運転速度	中 ~ 低速領域
起動性能	0.1sec以下*
その他	振動小, 音静か 低温減磁( 実力値把握 )

\*電動ポンプとして油圧が立ち上がるまで0.2sec以下が必要なことから

### 4.3 電動ポンプユニット

以上のようにポンプは外接式ギヤポンプ，ブラシレスセンサレスモータで構成される．また，ポンプ部とモータ部をユニット化して，部品点数削減，コンパクト化を図った．

### 4.4 性能評価結果

#### 4.4.1 効率評価結果

現在駆動系用に使用されている他社製外接式ギヤポンプと開発ポンプの効率比較を油種CVTF，油温60℃，2000min<sup>-1</sup>の条件で行なった．結果を図6に示す．

開発ポンプは他社製ポンプに比べて良好なポンプ効率を有していることが分かった．特に2MPa以上で効率の低下が少なく，サイドプレートによる圧力バランスの効果があつたと考えられる．この事から駆動系用ポンプに適用する上で十分な効率を有していると判断できる．

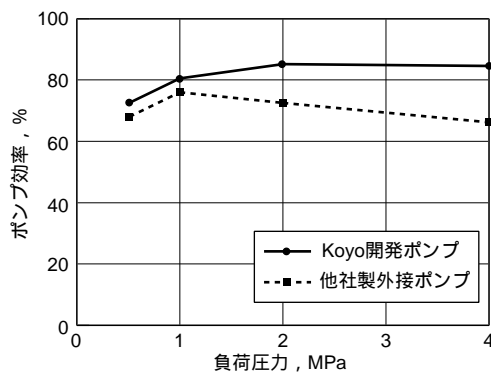


図6 ポンプ効率評価結果

Results of pump efficiency

#### 4.4.2 耐久試験結果

ポンプの基本的な耐久性を確認するために，定圧，定回転での耐久試験を実施した．表4に耐久条件，図7に耐久前後の効率を示す．耐久前後の効率評価条件は4.4.1項と同じである．

100時間耐久後でポンプ効率の低下は認められなかった．ポンプ効率は容積効率と機械効率の積であり，分けて表すことができる．

試験後，容積効率が2～3%低下，一方機械効率は同程度のなじみ現象によって向上したので結果的にポンプ効率の変化はなかった．

表4 耐久試験条件

Conditions for endurance test

油 温	100
回転速度	2000min <sup>-1</sup>
油 圧	4 MPa
油 種	CVTF

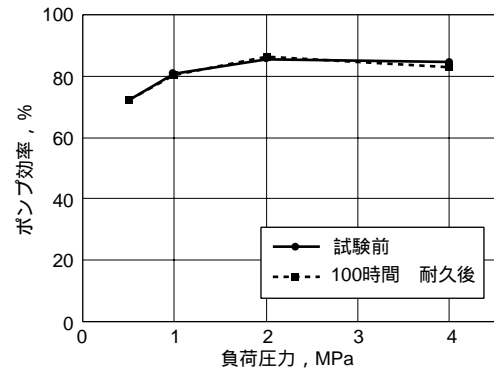


図7 耐久前後性能比較結果

Results of endurance test

## 5. おわりに

42V化を視野に入れて駆動系用のコンパクトで安価なポンプユニットを開発した．ポンプは外接式ギヤポンプ，モータはブラシレスセンサレスモータでドライバも開発した．ユニット化にあたってはポンプ部とモータ部のコスト，コンパクト化等に配慮した．効率および耐久評価より，駆動系に適用可能な性能が得られた．

今後はより実車に近い条件で総合的な評価を実施し，実用化を計っていく．

## 参考文献

- 1) J. Bigorra : Automotive Engineering International, vol. 108, no. 9, (2000) 113.
- 2) T. Moran : Automotive News International, no. 9, (2000) 14.
- 3) ダイキン工業株式会社油機技術グループ : 疑問にこたえる機械の油圧(上) (1992)
- 4) (社)日本油空圧学会 : 新版油空圧便覧，第2編第2章油圧要素

## 筆 者



阪田隆敏\*  
T. SAKATA

横井弥壽雄\*\*  
Y. YOKOI

\* 総合技術研究所 システム技術研究所  
機械システム研究部  
\*\* 日本インバータ株式会社