

定容積形電磁ポンプについて

1. はじめに

電磁ポンプは長年にわたり、石油を燃料とする家庭用ボイラーやヒータ等の燃焼機器に使用されています。制御性の良さ、小形であることのメリットのほか、モータを用いた同等ポンプに較べて長寿命であることがその理由とされます。

近年、その用途が燃料電池、自動車の排気ガスの Nox 還元装置、自動販売機、調理器、薬液等の注入装置等々に広がりを見せている中で電磁ポンプに対する要求使仕様にも変化が現われてきています。

このような状況にあって、今般当社は新用途への対応の一環として定容積形電磁ポンプを開発しました。

2. 定容積形電磁ポンプの概要

これまでの燃焼機器等に使用されている電磁ポンプの殆どは非容積形であり、吐出し圧力 - 吐出し量特性曲線(P-Q 特性曲線)上に定容積作動領域が無いことから吐出し量は負荷圧力(背圧)によって大きく変化します。これに対し定容積形電磁ポンプは、その定容積作動領域内において、吐出し量は負荷圧力(背圧)の変動の影響を受けることなく一定であることが最大の特徴です。又、使用条件の変化(電圧変動、温度変化、振動等)に対してその影響が軽微であることから加圧され圧力の変動がある槽内への液の注入、車載用等に適しています。

3. 作動

電磁ポンプは電磁プランジャ(アーマチュア)を断続する電磁力とばね力で往復運動させることによって流体を吸入・吐出しますが、定容積形電磁ポンプでは電磁プランジャ(アーマチュア)の上死点と下死点の双方にストッパを設けることによってストローク量を一定にしています。多くの場合、上死点又は下死点の何れかのストッパは運転停止時の閉止弁の作用を兼ねています。

次に吐出し圧力 - 吐出し量特性曲線(以下 P-Q 特性曲線と称す)を用いて説明します。

図 - 1において定容積形電磁ポンプは a ~ b ~ c の曲線上で運転され、このうち b ~ c 間が定容積作動領域となります。定容積形電磁ポンプは通常この領域で運転されます。

a ~ b 間は非定容積作動領域ですから、非容積形電磁ポンプの特性に近くなり、吐出し量は吐出し圧力(負荷圧力・背圧)の影響を受けます。

a ~ b ~ c の曲線は非容積形電磁ポンプの特性です。定容積作動領域が無い為、吐出し量は吐出し圧力の影響を大きく受けることになります。

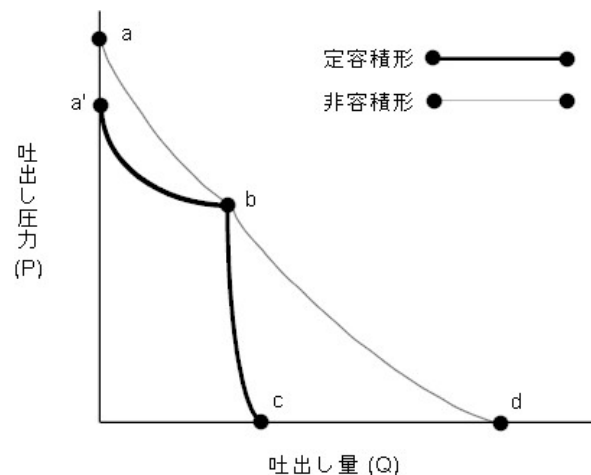


図1: P-Q特性曲線

4. 性能・特性

4.1 吐出し量の安定性・再現性

電磁ポンプはピストンポンプに属し、吸入工程における負圧力で流体を吸入します。

このとき条件によっては流体(液体)から溶存空気が分離すること(キャビテーション)があります。この空気がポンプ内に滞留しますと容積効率が低下して、吐出し量の安定性・再現性が悪化することがあります。今般、開発した定容積形電磁ポンプは圧縮比を極限まで高めることによって、この問題を解決しています。

4.2 電源電圧の変動

定容積形電磁ポンプは規定の使用電圧範囲において電磁プランジャ(アーマチュア)のストローク量が一定になるように設計されますから、この範囲内においては吐出し量の電源電圧変動に対する影響は軽微です。

使用例として、電源電圧の変動が激しい自動車に搭載する場合の定量用途等に適しております。非容積形電磁ポンプの場合は制御上の補償で対処しておりますが他の補償系との関連もあり、複雑になります。

4.3 流体温度・周囲温度の変化

温度変化によって流体の粘度が変化するとともにポンプのソレノイドコイルの直流抵抗成分が変化します。このことはポンプ側から見ると出力側の圧力損失(負荷圧力・背圧)の変化、入力側の入力エネルギーの変化となります。定容積形電磁ポンプでは、予め使用条件の設定の中にこれらの変動要因を加味して定容積作動領域を定める設計を行ないますから吐出し量の変化は軽微です。

4.4 吐出し量の過渡特性

運転開始時のオーバーシュート、出力切換時のオーバーシュートとアンダーシュートは非容積形電磁ポンプに較べると極めて軽微です。

4.5 自吸性能

定容積形電磁ポンプは前述のように高圧縮比に設計されておりますから自吸性に優れています。

5. 吐出し量の制御

定容積形の電磁ポンプは一定のストローク量で運転されますから吐出し量の変換手段は単位時間当たりのストローク数となります。

ポンプのソレノイドコイルに印加する駆動パルスのパルス幅(PW)を一定として、周期を可変する PFM 制御が基本です。(図 - 2 参照)

駆動パルスの周波数を $f(\text{Hz})$, パルス周期を $T(\text{ms})$, パルス幅を $PW(\text{ms})$ とすると次の関係が成り立ちます。

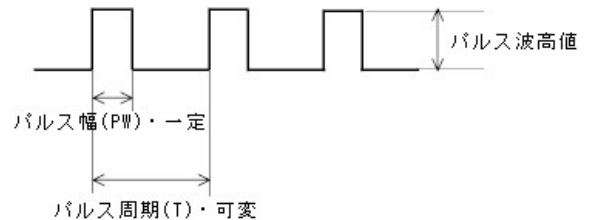


図2: PFM制御

$$F(\text{Hz}) = \frac{1000}{T(\text{ms})}$$

$$\text{パルスデューティ} = \frac{PW(\text{ms})}{T(\text{ms})} \times 100(\%)$$

吐出し量(Q)は駆動周波数(f)に比例し、駆動周波数は最高でも10Hz程度となります。高い周波数帯でポンプの定容積作動を確保することは困難です。パルスデューティは10~40%程度となります。ポンプの設計上のパラメータで決定されます。

ご注意

電磁ポンプのソレノイドコイルに印加する、パルス電圧の立ち上がりが発生する逆起電圧からドライバを保護する必要がありますが、この時、図 - 3 に示すフライホイールダイオードのみとすると、逆起電流の環流によりソレノイドコイルの温度上昇を招いたり、コイル電流の立上りが遅れることに起因する電磁プランジャ(アーマチュア)の復旧遅れによる不具合が発生することがあります。

コイル電源の立下り時間を可能な限り短くするような配慮が必要です。当社では図 - 4 のような逆起制御回路を準備しております。(PAT.)

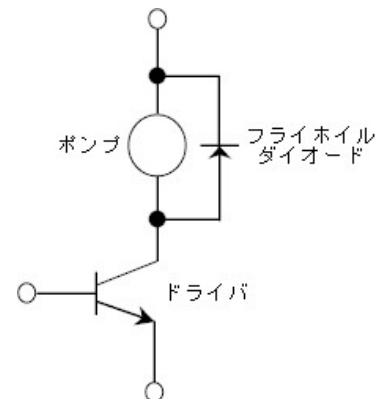


図3: 逆起電圧保護回路

6. 定容積形電磁ポンプの種類と用途例

今般、当社が上市する定容積形電磁ポンプは次の通りです。詳細はカタログをご参照ください。

6.1 構造による分類

(1)ピストン形

流体をピストンで加圧・圧送するタイプで電磁力による加圧する方式とはね力で加圧する方式があります。

流体がピストン等の金属部に接触しますので、使用流体によって構成材料を選択する必要があります。又、次亜鉛素酸水溶液等の無機酸類には使用できません。

(2)ダイヤフラム形

流体をダイヤフラムで加圧・圧送するタイプです。流体が接触する部分に使用する材料を選択することによって無機酸類にも使用可能で主として薬液等に適しています。

構造上、ピストン形に較べて圧縮比は低くなります。

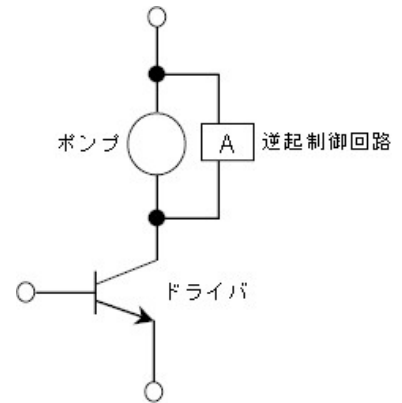


図4: 逆起電圧制御回路

6.2 使用流体による分類

- (1) 水用 純水等の用途に対して摩擦部を少なくし、摺動による摩耗粉の発生を低減しています。
- (2) 油用 主として灯油用です。
- (3) 薬液用 ダイヤフラム形が適しています。

7. おわりに

定容積形電磁ポンプは定容積作動が可能な駆動周波数が最高 10Hz 程度と低く、そのため非容積形電磁ポンプの様に大容量を得ることは困難です。

加圧され槽内に流体を注入するような用途には好都合のポンプであり、その場合の P-Q 特性の吐出し圧力は槽内の圧力すなわち背圧が基準となり、非容積形電磁ポンプのように吐出し側を絞って測定する P-Q 特性とは異なりますのでご注意下さい。