

NACHI
**TECHNICAL
REPORT**
Components

Vol. **11** B3
October/2006

機能部品事業

制御

■ 新商品・適用事例紹介

さらなる省エネを図った油圧ユニット

「インバータ駆動NSPシリーズ」

Dramatic Energy-saving Hydraulic Unit
"Inverter Motor Drive NSP Series"

〈キーワード〉 省エネルギー・油圧ユニット・可変吐出量ポンプ・
インバータ・回転数可変

部品事業部／技術二部

久保 光生

Mitsuo Kubo

新ブランド“Legato/レガート”

“しなやか”な動きと力強さを併せ持っています。

要 旨

NACHIの省エネ油圧ユニット「NSPシリーズ」は、可変吐出量ポンプや電動機の高効率化を追求することで、省エネを図り、今日、多数の工作機械で採用されている。

近年、環境問題への関心の高まりを背景に、油圧機器の省エネに対する要求は、ますます強まっている。この要求に応えるため、インバータ駆動による回転数可変制御のオプション機能を開発し、省エネ油圧ユニット「NSPシリーズ」に付加することで、さらなる省エネ化を可能とした。

Abstract

NACHI's energy-saving hydraulic units, "NSP Series" are widely used in machine tools nowadays in that high efficiency is pursued in variable pump and motor.

Recently, a demand for an energy-saving hydraulic unit has become increasingly strong because of the growing interest in environmental issues.

Responding to this demand, Nachi has developed and added to our product line, "Inverter Motor Drive NSP Series" with inverter motor drive control of the rotation number and variable volume pump for further energy saving.

1. はじめに

1996年に工作機械向け油圧ユニットとして商品化した「NSPシリーズ」は、2001年に改良を行ない、約20%の省エネを図って、現在の「NSPシリーズ」となっている。これは、従来品と全く同一の機器構成でありながら、油圧ポンプおよび電動機の機器効率UPにより、省エネを実現したものである。今日では、汎用工作機械などに数多く搭載され、機械の省エネに貢献している。

近年、京都議定書の発効や、省エネ法の改正などがあり、環境問題への関心がさらに高まっている。各企業においては、企業の社会的責任との認識で、お金をかけてでも工場の省エネにとり組む事例が増えてきている。このため、工場で多数の工作機械を使用しているユーザーからは、現在の「NSPシリーズ」油圧ユニットよりもさらに省エネを図った油圧ユニットの要求が出てきている。

今回、これらの要求に応え、さらに省エネを図ったインバータ駆動油圧ユニットを「NSPシリーズ」のオプションとして追加したので、特長、仕様などを紹介する。



図1 インバータ駆動NSPユニット

2. 油圧ユニットの消費電力低減の取り組み

1) 油圧ユニットの消費電力

油圧ユニットの省エネには、まず、油圧ユニットが消費する電力について考える必要がある。

電動機が消費する電力は、

$$\text{電力 } W = 2\pi N \times T \quad \cdots (1)$$

N: 電動機回転数 [min⁻¹]

T: 電動機発生トルク [N・m]

また、油圧ポンプが必要とする電動機トルクは、

$$\text{トルク } T = q \times P / 2\pi \quad \cdots (2)$$

q: ポンプ容量 [cm³/rev]

P: ポンプ吐出圧力 [MPa]

式(1)、(2)をまとめると、

$$\text{電力 } W = N \times q \times P \quad \cdots (3)$$

で、油圧ユニットが消費する電力が表される。

一方、ポンプが吐出する流量は、

$$\text{吐出流量 } Q = q \times N / 1000 \quad \text{[l/min]} \quad \cdots (4)$$

で表される。

なお、説明を単純化するため、ここまでの式では電動機やポンプの効率は無視している。

油圧ユニットの働きは、機械の加工状況(負荷状況)に応じて、必要な圧力Pと流量Qを供給することである。

実際の工作機械での使われ方では、ワークのクランプなどほとんど流量Qを必要としない圧力保持の時間が長い。油圧ポンプとして、圧力保持時にポンプ容量qを小さくなる機構を持つ、可変容量ポンプを搭載した油圧ユニットでは、圧力保持時に、qが小さくなることで、式(3)の消費電力Wも小さくなる。固定容量ポンプを搭載した油圧ユニットを使用している古い設備などでは、可変ポンプ搭載油圧ユニットに入れ替えるだけで、省エネ効果が得られることを示している。

また、式(3)、(4)からは、ポンプ容量qではなく、電動機回転数Nを小さくするという別の方法でも、同様に消費電力を小さくできることが分かる。ただし、インバータなどの機器を追加して電動機の回転数を変更する必要がある。

このように、負荷状況に応じて、ポンプ容量qを小さくする、あるいは、回転数Nを小さくすることが油圧ユニットの消費電力低減につながることを理解いただけたらと思う。

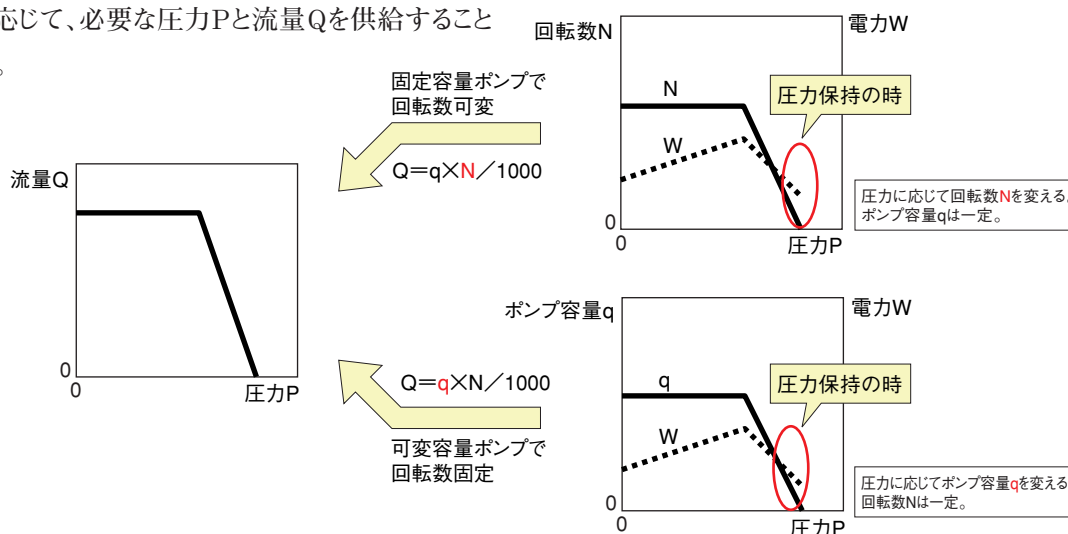


図2 油圧ユニットの消費電力(低減方法の説明)

2) 油圧ユニットの損失低減

1)で述べた消費電力は、理論的に必要なエネルギー（本来仕事をするために必要なエネルギー）に相当する電力の話である。実際の油圧ユニットで消費される電力は、これに損失分が上乘せされたものとなる。

油圧ユニット消費電力＝①＋(②＋③＋④)

①理論的必要エネルギー

発生圧力・吐出流量に応じた動力→
仕事をするために消費される。

②ポンプの損失エネルギー

(圧力に依存する損失) (図3)

ポンプ内部圧力アンバランスによるシャフトに働く偏心力や、摺動部摩擦力、内部漏れ流量などの損失。

③電動機の損失エネルギー

(電動機トルクに依存する損失) (図4)

電動機の負荷率による効率低下などによる。

④回転数に比例する損失

回転に伴う粘性摩擦抵抗（機械的摩擦、油の攪拌抵抗）などによる。

仕事（理論的）に必要なエネルギーは減らすことはできないので、油圧ユニットの省エネ化とは、②、③、④の損失を低減する取り組みとなる。

現在、数多くの工作機械で使われている省エネ油圧ユニット「NSPシリーズ」は、②に対してポンプ効率UPを、③に対して電動機効率UPを図ることで、可変ポンプと汎用電動機を組み合わせた機器構成のままで、従来品より約20%の省エネを実現している¹⁾。

今回紹介する「インバータ駆動NSPシリーズ」は、②、③の損失を低減した「NSPシリーズ」油圧ユニットに対し、インバータ制御機器を追加して圧力保持時の回転数を下げることで、④の回転数に比例する損失を低減し、さらに約40%の省エネを実現したものである。つまり、先に挙げた②、③、④の損失全ての低減を図った商品である。

省エネといえば、家電製品でも「インバータ」を使った製品がすぐに思い浮かぶが、インバータによる回転数可変は、省エネ手段の一つであり、万能ではない。省エネを追求するためには、油圧ユニット全体として

損失低減、究極は損失ゼロをめざす取り組みが必要である。

今回の「インバータ駆動NSPシリーズ」は、可変ポンプによるポンプ容量 q の可変容量制御と、インバータによる電動機回転数 N の可変速制御との2つの制御自由度を持ち、より最適な条件で運転を行ない、油圧ユニット全体としての省エネを実現している。

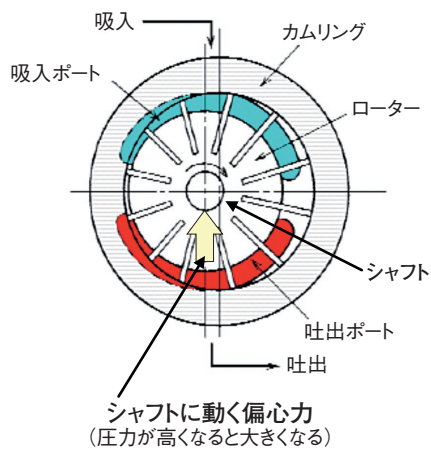
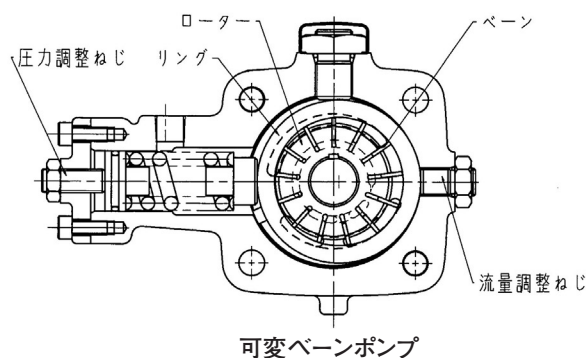


図3 圧力に比例する損失の説明

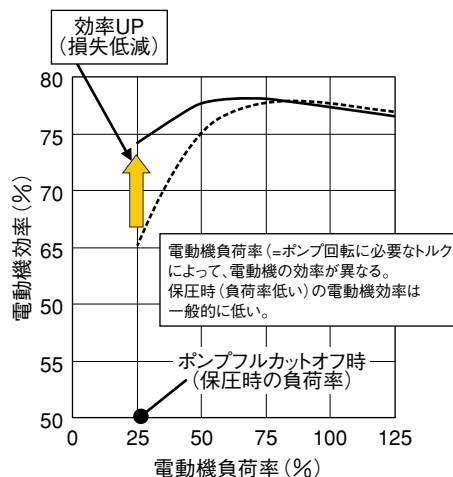


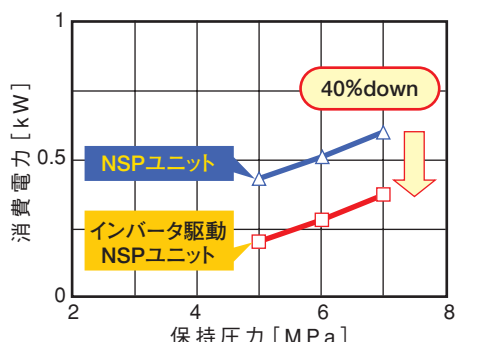
図4 トルクに依存する損失の説明

3. 「インバータ駆動NSPユニット」の特長

1) 省エネ

圧力保持時の消費電力を図5に示す。ポンプ、電動機の高効率化により省エネを図ったNSPユニット自体低消費電力であるが、インバータ駆動による制御を追加することで、さらに省エネになっている。7MPa圧力保持の電力で、インバータなしのNSPユニット比約40%省エネを実現している。よって、クランプなどで圧力保持時間の長いアプリケーションでは、大きな省エネ効果が得られる。

ただし、最大流量吐出時は、インバータ駆動の場合は、インバータそのものの損失が加わり、インバータなしのNSPユニットに比べ消費電力が高くなる。そのため、高頻度で油圧シリンダを動かすアプリケーションでは、逆にトータル消費電力が増えてしまう場合もある。事前に運転サイクルの確認が必要である。



フルカットオフ(保圧)時電力、電動機:2.2kW、ポンプ:1A4
図5 保持圧力-消費電力特性 (参考データ)

2) 低発熱・低油温上昇

機器による損失分は、熱エネルギーとなって機器の発熱となる。その結果として、油圧ユニットにおいては作動油温度が上昇する。よって、損失が小さい程、つまり、省エネである程、油温上昇が小さくなる。表1に連続圧力保持時の油温上昇試験結果を示す。油温上昇は、機械の熱変形をまねき、工作機械の精度にも悪影響をおよぼすため、油温上昇値の低い油圧ユニットが求められている。インバータ駆動NSPユニットは、従来の油圧ユニットに比べ油温上昇が小さいNSPユニットよりも、さらに油温上昇値が低くなっている。

3) 低騒音

流量吐出時には、60Hz(約1800min⁻¹)で電動機が回転するため、従来と騒音は変わらないが、圧力保持時には電動機の回転数を下げているため、電動機ファンの風切り音が低減し、大幅に低騒音になる。表2に測定データを示す。

4) 従来通りの使い勝手

圧力保持時の電動機回転数は、専用コントローラがポンプ特性にあわせて最適な回転数を自動で調整するため、外部からは従来通り三相200Vの動力電源を供給するだけでよい。油圧ユニットの最大吐出流量の調整や、保持圧力の調整は、従来通り油圧ポンプの調整ねじにて行なう。圧力調整の際には、コントローラの切換スイッチを圧力調整モードに切り換え、調整後、通常運転モードに戻すだけで、コントローラ内部でポンプ特性データを自動設定するようになっているため、電氣的調整は不要である。なお、インバータ駆動NSPユニットの構成については、次章にて説明する。

5) その他

商用電源で運転する場合は、地区電力周波数により電動機回転数が異なるため、設置地域によって吐出流量の違いが生じていたが、インバータにより入力周波数に関係なく60Hz運転ができるため、設置地域による吐出流量の違いはない。

表1 油温上昇(タンク:20L、6MPa連続圧力保持)

| 室温/油温 | NSPユニット | インバータ駆動 NSPユニット |
|----------|---------|-----------------|
| 室温(℃) | 23.2 | 23.2 |
| タンク油温(℃) | 34.4 | 24.7 |
| 油温上昇値(℃) | 11.2 | 1.5 |

表2 騒音(距離1m)

| ユニット形式 | NSPユニット | | インバータ駆動 NSPユニット | |
|--------|------------|------------|-----------------|------------|
| | 3.0MPa 吐出時 | 6.0MPa 保圧時 | 3.0MPa 吐出時 | 6.0MPa 保圧時 |
| 測定位置 | | | | |
| 四方平均値 | 65 | 61 | 65 | 53 |

4. インバータ駆動NSPユニットの構成

インバータ駆動NSPユニットの構成を図6に示す。

NSPユニットに対し、インバータと専用コントローラを入れた制御ボックスと、ポンプ吐出口には圧力センサーを追加している。また、ラジエータの代わりに、ファンクーラを搭載している。これは、電動機が低速回転することにより電動機ファンの風量が低下し、電動機の冷却能力が低下するのを補うことと、作動油の冷却、さらに、風下に配置した制御ボックス表面を冷却することで、ボックス内部温度を下げる目的がある。

インバータは、省エネルギーに加え、油圧ユニットに求められる回転数立ち上がり応答性で最適なものを選定し、パラメータ設定も最適化を行なっている。

専用コントローラは、圧力センサーから得られる情報にもとづき、油圧ポンプの特性にあわせて回転数を自動調整する機能を持たせてある。

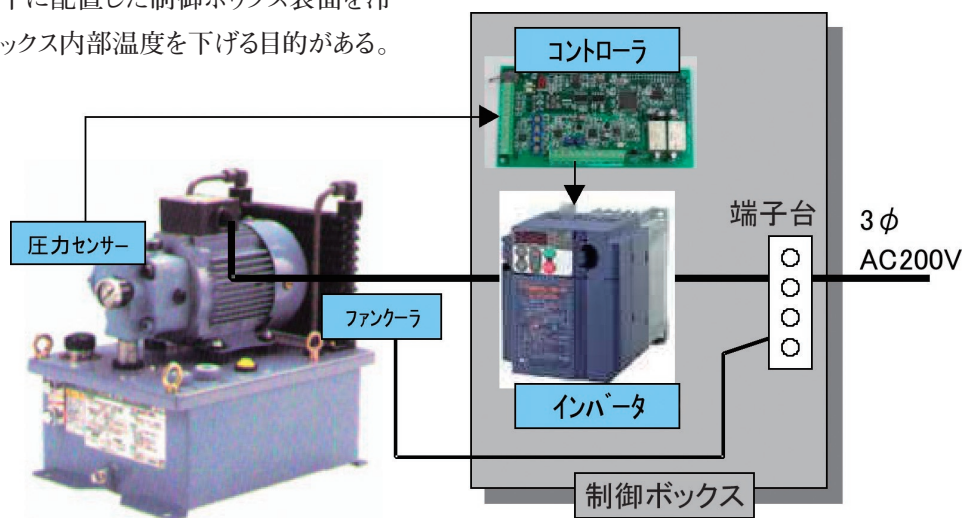


図6 インバータ駆動NSPユニットの構成

5. 仕様・寸法

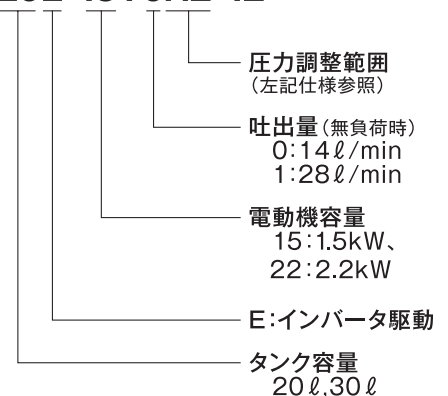
表3に仕様、図7に外形寸法を示す。

表3 インバータ駆動NSPシリーズの仕様

| | |
|-------------------|---|
| 1. 電源電圧 定格入力電流 | 3φ AC200~220V、50/60Hz 9.7A/1.5kW、13.4A/2.2kW |
| 2. 圧力調整範囲 | フルカットオフ圧力 A2: 1.5~4.0MPa A3: 3.5~6.0MPa A4: 5.5~8.0MPa |
| 3. 吐出量(無負荷時) | 0: 14ℓ/min、1: 28ℓ/min |
| 4. 油圧作動油 | 一般鉱物系作動油(ISO VG32相当) |
| 5. 塗装色 | マンセルNo.5B6/3(NACHI色) |
| 6. 周囲温度/湿度 | 10~35℃/20~85%RH(結露無きこと) (水溶性切削液のミストを避けてください。) |
| 7. 油温 | 10~60℃ |
| 8. 概算質量 | 65kg/20ℓタンク、1.5kW(作動油含まず) 71kg/20ℓタンク、2.2kW(作動油含まず) |

形式説明

NSP-20E-15V0A2-12



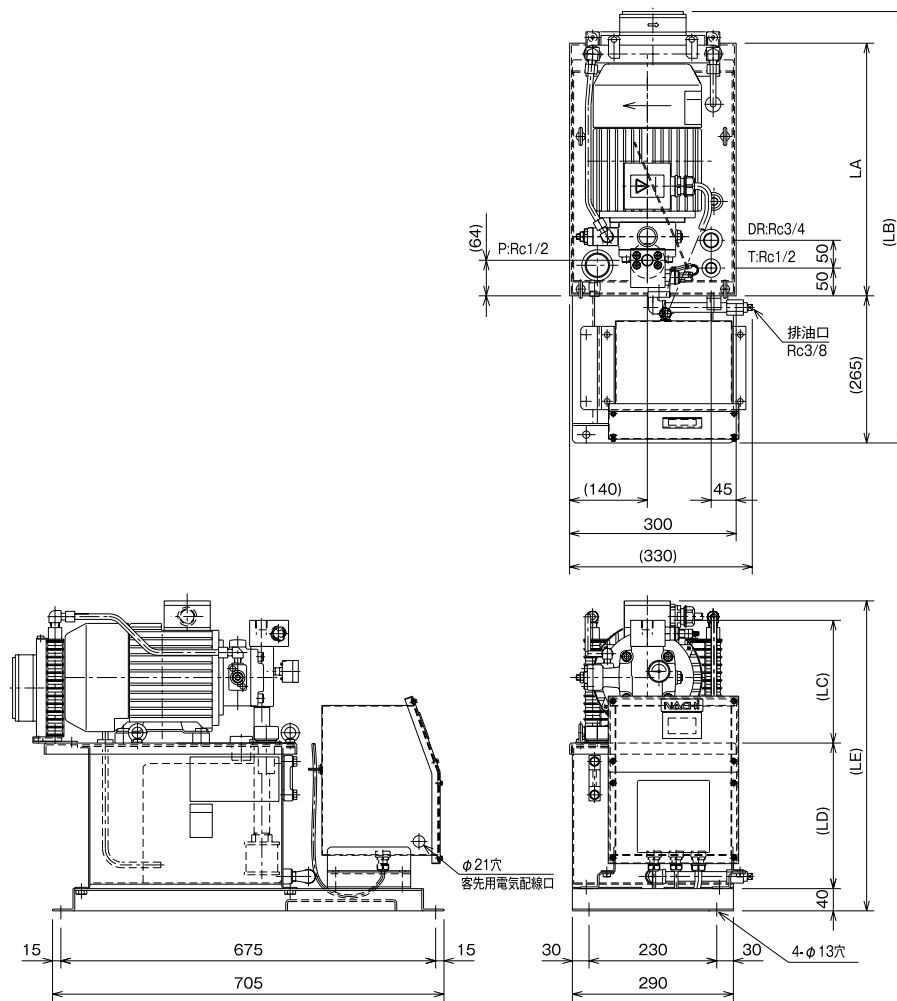
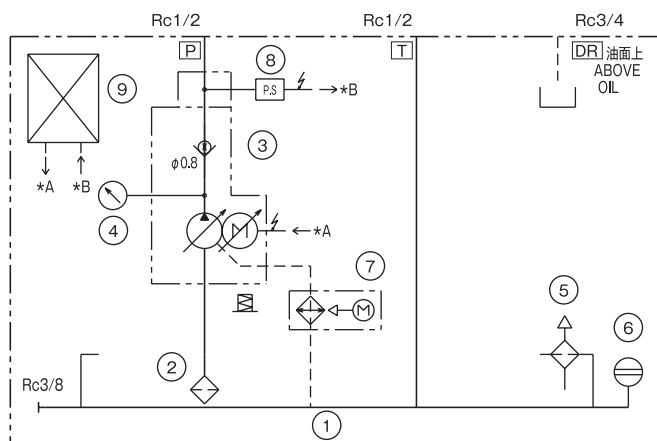


図7 外形寸法図(表4も参照のこと)

表4 寸法表

| | LA | LB | LC | LD | | LE | |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | | | 20ℓ | 30ℓ | 20ℓ | 30ℓ |
| 1.5kW | 425 | 750 | 211 | 262 | 364 | 545 | 647 |
| 2.2kW | 455 | 780 | 221 | | | 564 | 656 |



| No. | 部品名 |
|-----|-------------|
| 1 | オイルタンク |
| 2 | サクシヨンストレーナ |
| 3 | ユニポンプ |
| 4 | 圧力計 |
| 5 | 注油口兼エアブリーザ |
| 6 | 油面計 |
| 7 | ファンクーラ |
| 8 | 圧力センサ |
| 9 | インバータ制御ボックス |

図8 ユニット油圧回路図

6. ランニングコストのメリット

省エネ油圧ユニット「NSPシリーズ」にインバータ駆動による回転数可変制御を付加して、さらに省エネを図った「インバータ駆動NSPシリーズ」を開発した。インバータ制御装置を追加したことで、インシャルコストはUPするが、運動時の消費電力を約40%低減できる。

従来、機械に使用される油圧機器はインシャルコストばかり重視され、ランニングコストでの評価は余りされてこなかったが、近年、省エネ意識の高まりとともに、消費電力低減というランニングコストのメリットを重視して機器を選定されるお客様も増えている。

インバータを使わない省エネ油圧ユニット「NSPシリーズ」も従来の油圧ユニットに比べ省エネになっており、お客様の判断で最適な油圧ユニットを選定いただくことができる。

参考文献

- 1) 熊本克英：省エネ油圧ユニット,不二越技報,Vol57,No.1,pp.36-41 (2001)

