

NACHI
**TECHNICAL
REPORT**
Components

Vol. **16** B1
June/2008

機能部品事業

マシニング製造
機能部品製造

■ 新商品・適用事例紹介

消費電力40%低減
「インバータ駆動油圧ユニットの
シリーズ紹介」

Introducing "Inverter-driven Hydraulic Unit Series"
---40% Reduction of Power Consumption

〈キーワード〉 油圧ユニット・省エネ法・省エネルギー・
可変容量形ポンプ・インバータ駆動・回転数可変制御

部品事業部／技術二部

高嶋 明 Akira Takashima

荻浦 洋市 Youichi Ogiura

要 旨

NACHIの標準油圧ユニットは、工作機械向けの「NSPシリーズ」や一般産業機械向け「NCPシリーズ」、「NNPシリーズ」といった豊富なラインアップで、ユーザー要求に幅広く対応している。

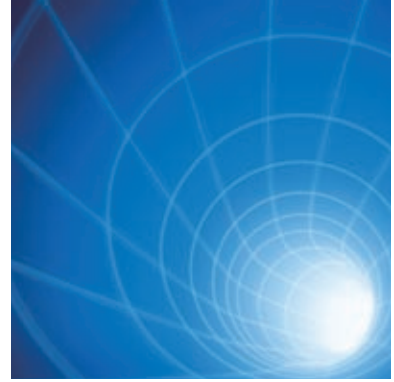
近年、環境保全に対するとり組みが活発化する中で、工作機械や自動車製造関連設備などを中心に、油圧ユニットに対する省エネの要求が強くなってきている。

この要求に応えるため、「NSPシリーズ」、「NCPシリーズ」および「NNPシリーズ」において、オプションとしてインバータ駆動による電動機の回転数可変制御機能を開発し、インバータ駆動油圧ユニットとしてシリーズ化した。

Abstract

In the area of standard hydraulic units, NACHI responds to the customer needs with ample, wide-ranging product line such as "NSP Series" for machine tool and "NCP Series" and "NNP Series" for general industrial machines. Recently, the undertakings for preserving the environment have become active. Under such circumstances, the demand for energy-efficient hydraulic units has become strong mainly for machine tool and auto manufacturing-related equipment.

Responding to the demand, NACHI has developed the inverter-driven variable speed control for an electric motor and has made this inverter-driven hydraulic unit available as an option in "NSP Series", "NCP Series" and "NNP Series."



1 ^{※2}平成19年度 優秀省エネルギー機器 「日本機械工業連合会会長賞」 を受賞

^{※3}工作機械向けNSPユニットは、ワークを固定するクランプ装置などの油圧源として使用され、油圧ポンプおよび電動機の効率アップにより省エネを図ったコンパクトな油圧ユニットである。

一方、一般産業機械向けのNCPユニットは、幅広いニーズに応えるための豊富なオプションを用意した汎用性の高い油圧ユニットであり、NNPユニットは、油浸形電動機の採用により低騒音化を実現したコンパクトな油圧ユニットである。

近年、京都議定書の発効や省エネ法の改正などにより、ユーザーの環境問題への関心がさらに高まっており、油圧機器に対しても省エネの要求がますます強まっている。

今回、この要求に応えるため、インバータ駆動の機能をNSPユニット、NCPユニット、およびNNPユニットにオプションとして付加し、インバータ駆動油圧ユニットとして商品化したので、各ユニットの特長、仕様などについて紹介する。

なお、インバータ駆動NSPユニットについては、省エネ性能と省エネ化技術の独自性が認められ、平成19年度 優秀省エネルギー機器として日本機械工業連合会会長賞を受賞した。¹⁾



図1 インバータ駆動NSPユニット

2. 油圧ユニットの省エネルギー化の方法

1) 圧力保持時の消費電力低減²⁾

工作機械用の油圧ユニットは、ワークのクランプやツールのチャックなど、長時間の圧力保持状態で使用されることが多い。

油圧ユニットの消費電力は、

$$\text{電力 } W = N \times q \times P [\text{kW}] \quad \dots (1)$$

N: 電動機の回転数 [min^{-1}]

q: ポンプ容量 [cm^3/rev]

P: ポンプ吐出圧力 [MPa]

※4
で表わされるが、可変容量形ポンプを搭載した油圧ユニットでは、圧力保持時にポンプ容量qが小さくなる機構により、圧力保持時の消費電力Wを低減している。

また、式(1)からは、ポンプ容量qだけでなく、電動機の回転数Nを小さくする方法でも消費電力を小さくできることがわかる。これらをまとめると、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、圧力保持時の油圧ユニットの消費電力低減につながるといえる。

2) 省エネに最適な回転数制御

圧力保持時のポンプ回転数を下げると、ポンプの軸トルクは増加するが、軸トルクと回転数の積である軸入力は低下する。(図2)

既存の油圧ユニットにインバータを追加して回転数を下げることによって省エネが図れることは、一般的に知られており、実際にユーザー自身で行なっている事例もある。

しかし、回転数を下げると電動機(インバータを含む)の効率は逆に低下し、また、同じ回転数でも負荷トルクによって電動機の効率が変化する。(図3)

最適な省エネ運転を行なうためには、単に回転数を下げるのではなく、電動機の効率や負荷の状態に応じた最適な回転数にする必要があるといえる。

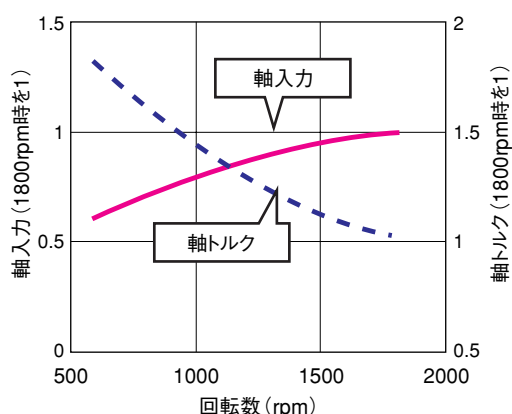


図2 回転数 - ポンプ軸入力・トルク

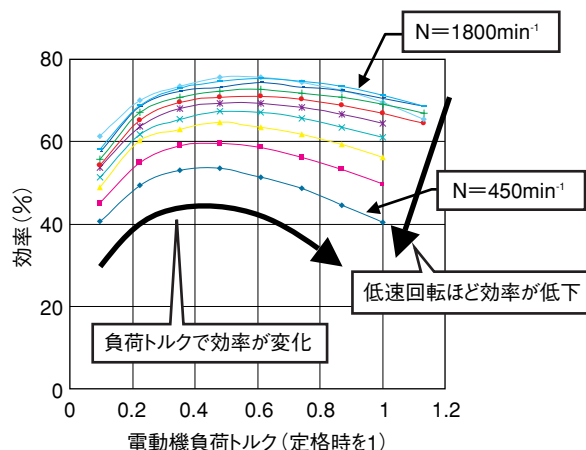


図3 電動機負荷トルク - 効率(回転数毎)

3. インバータ駆動NSPユニット

1) 回転数制御方法

インバータ駆動NSPユニットでは、前述のポンプ容量可変と回転数可変の二つの制御自由度を使って、油圧ユニット全体としてより効率のよい条件での運転を行なうことで、NSPユニットに対して、40%の省エネを実現した。

具体的には、制御装置に組み込まれたコントローラーが、油圧ユニットに設置された圧力センサーで検出した値をもとに、その時々負荷状態を把握する。そして、その負荷状態における、可変容量形ポンプと電動機のそれぞれの効率を組み合わせる上で最も省エネになる回転数を算出し、自動的に回転数の制御を行なっている。

2) 省エネの効果

自動車部品メーカーでの実機(マシニングセンター)における、NSPユニットとインバータ駆動NSPユニットの消費電力測定結果を、図4および図5に示す。なお、油圧ユニットはいずれも2.2kWの電動機を搭載し、無負荷時の吐出流量は28L/min、最高圧力は6.0MPaに設定されている。

消費電力測定結果からわかるように、油圧ユニットの使用状態は、ほとんどの時間がワーククランプ状態(圧力保持)で使われている。NSPユニットに対して、インバータ駆動NSPユニットでは279W(約48%低減)の省エネ効果がある。

また、省エネ効果を、年間の稼働時間6,000時間(20時間/日×300日)、電力料金15円/kWで金額に換算すると、年間約25,000円のランニングコスト削減となる。

NSPユニットはそれ自体が従来ユニットに対して約40%の省エネになっているため、上記の効果となっているが、既存設備の定吐出量形ポンプを使用した油圧ユニットからの置き換えでは、80%以上の省エネ効果が得られた事例もある。

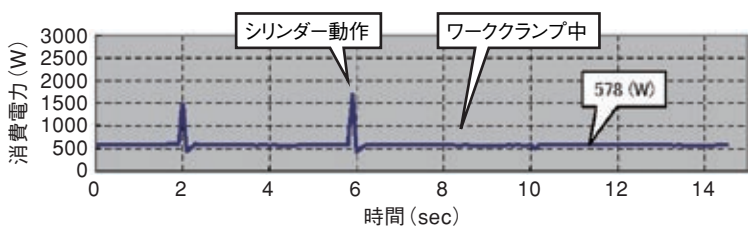


図4 NSPユニットの消費電力

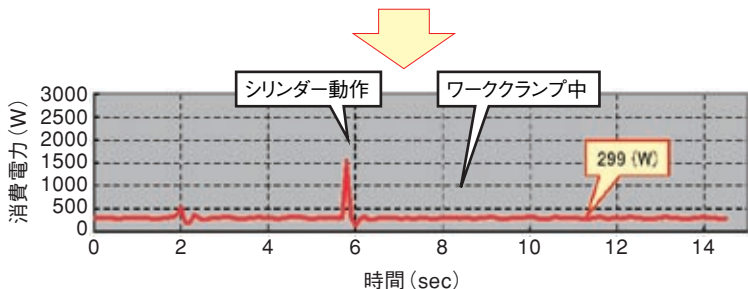


図5 インバータ駆動NSPユニットの消費電力

3) 仕様

表1に仕様を示す。

表1 インバータ駆動NSPユニットの仕様

1.電源電圧 定格入力電流	3φ AC200~220V,50/60Hz 9.7A/1.5kW, 13.4A/2.2kW 22.4A/3.7kW	
2.圧力調整範囲	8, 16cm ³ /rev シリーズ A2:1.5~4.0MPa A3:3.5~6.0MPa A4:5.5~8.0MPa	26cm ³ /rev シリーズ A2:2.0~4.0MPa A3:3.5~6.0MPa A4:5.5~7.0MPa
3.吐出量 (無負荷時)	0A*:14L/min 1A*:28L/min 2A*:46L/min	
4.作動油	一般鉱物系油圧作動油 (ISO VG32担当)	
5.油温	10~60℃	
6.塗装色	マンセルNo.5B6/3 (NACHI色)	
7.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)	

形式説明

8, 16cm³/revシリーズ

NSP-20E-15V0A2-12

- 圧力調整範囲 (上記仕様参照)
- 吐出量(無負荷時)
0:14L/min 1:28L/min
- 電動機容量
15:1.5kW 22:2.2kW
- E: インバータ駆動
- タンク容量: 20L, 30L

26cm³/revシリーズ

NSP-30E-22V2A2-12

- 圧力調整範囲 (上記仕様参照)
- 吐出量(無負荷時)
2:46L/min
- 電動機容量
22:2.2kW 37:3.7kW
- E: インバータ駆動
- タンク容量: 30L, 40L

4. インバータ駆動NCP/NNPユニット

1) 一般産業機械向けへ インバータ駆動を展開

NCPユニット、NNPユニットは、低騒音、低発熱の省エネルギー形で、信頼性の高い油圧ユニットである。低圧から高圧まで幅広く対応が可能で、また、豊富なオプションにより、用途に応じた選定も可能であることから、一般産業機械分野において、様々な用途に使用されている。

NCPユニット、NNPユニットにおいてもインバータ駆動機能を追加することで、省エネ要求への幅広い対応を可能にした。

表2 インバータ駆動の対応範囲

	ポンプ容量	電動機容量 (kW)				
		1.5	2.2	3.7	5.5	7.5
NCP シリーズ	8cm ³ /rev	●	●	●	—	—
	16cm ³ /rev	●	●	●	●	●
	22cm ³ /rev	—	—	●	●	●
	35cm ³ /rev	—	—	—	●	●
	45cm ³ /rev	—	—	—	—	●
NNP シリーズ	8cm ³ /rev	—	●	●	—	—
	16cm ³ /rev	—	●	●	—	—
	22cm ³ /rev	—	●	●	—	—
	35cm ³ /rev	—	—	●	●	—
	45cm ³ /rev	—	—	●	●	—

●:インバータ駆動に対応
—:標準ユニット設定無し

2) インバータ駆動の対応範囲

NCPユニットは、可変容量形ピストンポンプ搭載形のうち、1.5kWから7.5kWまでの電動機を搭載した油圧ユニットに対応した。また、NNPユニットにおいては、全ての基本型式に対応した。

インバータ駆動の対応範囲(電動機容量とポンプ容量の組み合わせ)を、表2に示す。

3) 可変ピストンポンプの特性に合った回転数制御

NCPユニットおよびNNPユニットに搭載される可変容量形ピストンポンプのP-Q特性は、^{※6}シャープカット特性である。

インバータ駆動NCPユニットでは、圧力センサーの情報だけで回転数制御を行なっている。これに対し、可変容量形ピストンポンプの場合は、流量が変化しても圧力はほとんど変化しないため、圧力センサーの情報だけでは負荷状態が算出できない。

そこで、インバータ駆動NCP/NNPユニットでは、圧力センサーの情報のほかに、インバータからの負荷情報もコントローラーにとり込み、回転数制御を行なうことで、インバータ駆動無しの場合と同等のシャープカットなP-Q特性を実現している。(図6、図7)

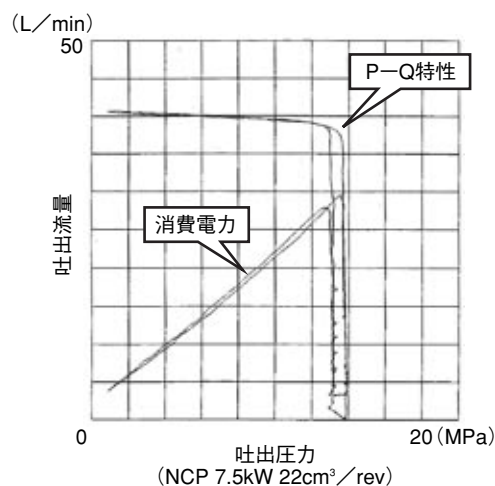


図6 インバータ駆動無しでのポンプP-Q特性

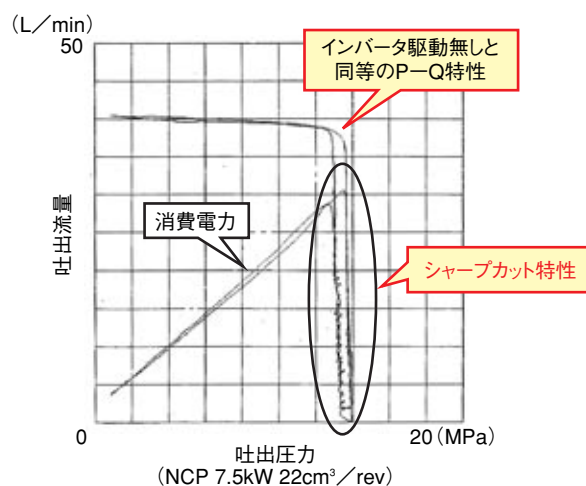


図7 インバータ駆動でのポンプP-Q特性

4) 特長

(1) 省エネ

圧力保持状態における消費電力測定結果の一例を、図8、図9に示す。

NCPユニット、NNPユニットともに、14MPa圧力保持時の消費電力で、インバータ駆動無しの場合に対して、40%以上の省エネを実現している。よって、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。

(2) 低油温上昇

機器における損失エネルギーは、そのほとんどが熱となり、作動油の温度上昇につながる。

油温上昇は、作動油の劣化や機器の寿命低下を引き起こすだけでなく、機械の熱変形をまねき、加工精度などにも悪影響をおよぼすため、油温上昇の低い油圧ユニットが求められる。

インバータ駆動による回転数制御を行なうことで、回転に伴う損失が低減し、油温上昇を低くすることができる。

NNPユニットは、元々、油温上昇の低い油圧ユニットであるが、インバータ駆動により、更に低い油温上昇を実現している。(表3)

(3) 低騒音

流量吐出時には、60Hz(約1,800min⁻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が下がるため、低騒音になる。

とくに、電動機に冷却ファンのない、油浸形電動機を採用して、従来ユニット対比で大幅な低騒音化を図っているNNPユニットにおいても、さらに低騒音となっている。騒音の測定結果を、表4に示す。

(3) 簡単操作

インバータ駆動NSPユニットと同様に、三相200Vの動力電源を供給するだけで起動する。

油圧ユニットの圧力調整は、コントローラーのスイッチを圧力調整モードに切り換え、従来通り、油圧ポンプの圧力調整ねじで保持圧力を調整した後、スイッチを通常運転モードに戻すだけで、コントローラーがポンプ特性にあわせて、自動的に最適な回転数制御を行なう。

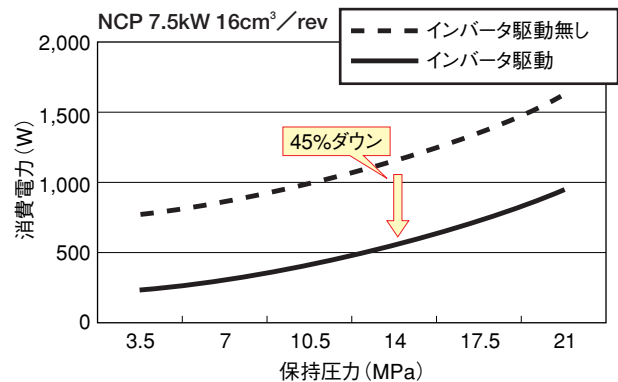


図8 NCP 7.5kW 16cm³/rev圧力保持時の消費電力

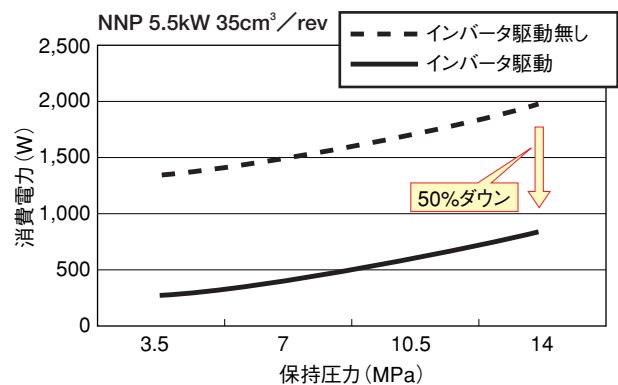


図9 NNP 5.5kW 35cm³/rev圧力保持時の消費電力

表3 NNPユニットの油温上昇

ユニット	NNPユニット	インバータ駆動 NNPユニット
タンク容量 (L)	60	
室温 (°C)	22.0	
タンク油温 (°C)	32.0	24.5
油温上昇値 (°C)	10.0	2.5

・ユニット: NNP-60 (E) -55P35N1-10
 ・7MPa連続圧力保持時

表4 NNPユニットの騒音

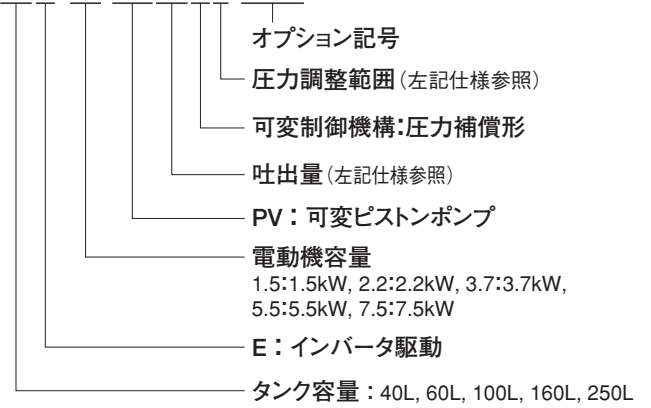
ユニット	NNPユニット	インバータ駆動 NNPユニット
保持圧力	7MPa	
騒音値	54dB (A)	52dB (A)

・ユニット: NNP-20 (E) -22P16N1-10
 ・ポンプ後方1mでの騒音値

形式説明

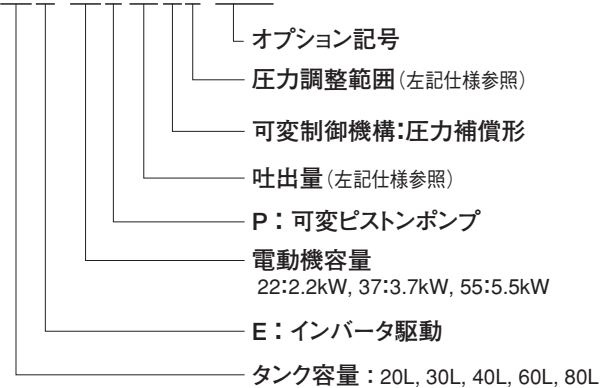
インバータ駆動NCPシリーズ

NSP-60E-3.7PV16N2-※※-12



インバータ駆動NNPシリーズ

NNP-20E-22P16N2-※※-10



5)仕様

表5に仕様を示す。

表5 インバータ駆動NCP/NNPユニットの仕様

1.電源電圧 定格入力電流	3φ AC200~220V,50/60Hz 9.8A/1.5kW (NCPシリーズのみ) 13.5A/2.2kW 22.5A/3.7kW 21.4A/5.5kW 29.1A/7.5kW (NCPシリーズのみ)
2.圧力調整範囲	N0:2.0~ 3.5MPa N1:2.0~ 7.0MPa N2:3.0~14.0MPa N3:3.0~21.0MPa
3.吐出量 (無負荷時の理論値)	8:14.4L/min 16:29.7L/min 22:39.6L/min 35:63.0L/min 45:81.0L/min
4.作動油	一般鉱物系油圧作動油 (ISO VG32または46)
5.油温	10~60°C
6.周囲温度/湿度	10~35°C/20~85%RH (結露無きこと)
7.インバータボックス 塗装色	マンセルNo.5B6/3 (NACHI色)

5. インバータ駆動油圧ユニットの構成

インバータ駆動NSPユニット、インバータ駆動NCP/NNPユニットの構成を図10、図11、図12に示す。

インバータ駆動油圧ユニットは、標準油圧ユニットに、インバータ制御ボックスと圧力センサーを追加している。

また、電動機が低速回転する際に、電動機ファンの風量が低下し、電動機自体の冷却能力が低下してしまう。これを補うため、インバータ駆動NSPユニットでは、NSPユニットに搭載されているラジエータの代わりに、ファンクーラーを搭載しており、インバータ駆動NCPユニットでは、電動機ファン後方にファンモーターを搭載している。なお、インバータ駆動NNPユニットについては、使用している油浸形電動機が、ケース内を流れるポンプのドレンで電動機自体を冷却する構造であるため、電動機冷却用のファンは不要である。

このように、インバータ駆動油圧ユニットは、標準油圧ユニットをベースにしているため、電気的なトラブルの際にも、電源配線を電動機につなぎ替えるだけで、標準油圧ユニットとして、すぐに運転することが可能である。

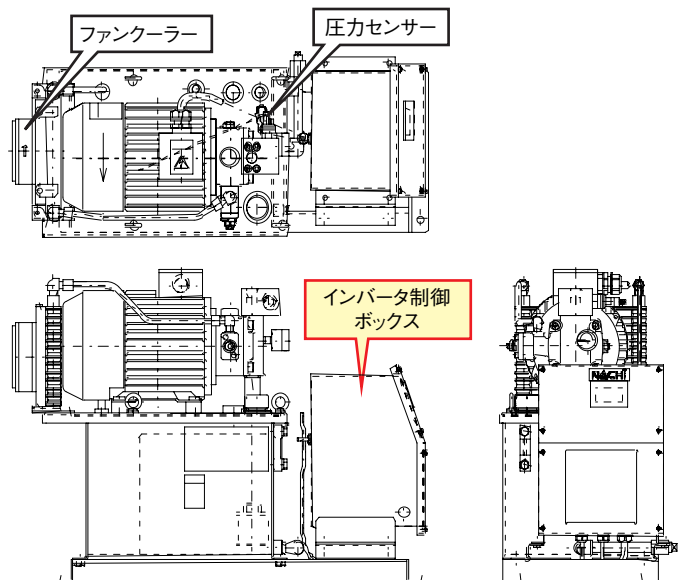


図10 インバータ駆動NSPユニットの構成

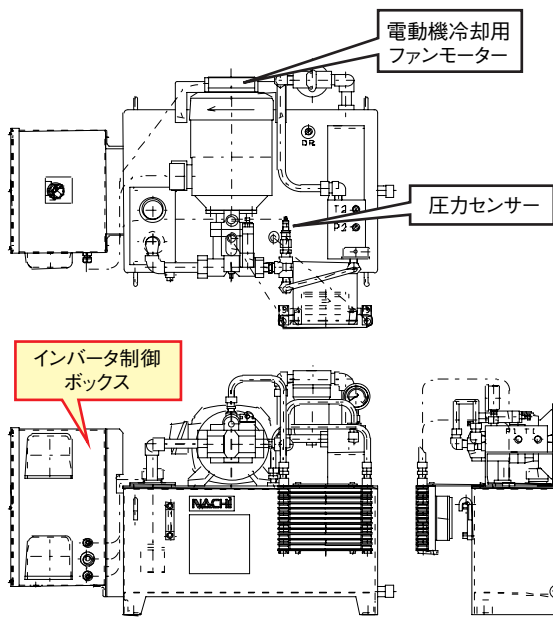


図11 インバータ駆動NCPユニットの構成

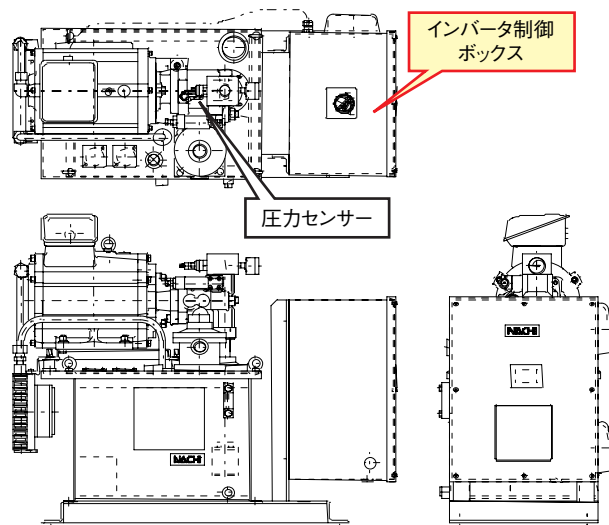


図12 インバータ駆動NNPユニットの構成

6. 進化した油圧の省エネ

インバータ駆動NSPユニットに続いて、低圧から高圧まで幅広く対応可能なインバータ駆動NCP/NNPユニットを開発・商品化した。

インバータ駆動NSPユニットは、すでに、自動車関連部品メーカーの加工設備などに数多く採用され、大きな省エネ効果をもたらしている。

油圧の最大の長所は、大きな力を容易に発揮できることであるが、その長所と大きな省エネ効果を合わせ持ったインバータ駆動NCP/NNPユニットも、今後、様々な業種で採用され、省エネ化に貢献するものとする。

用語解説

- ※1 インバータ駆動
インバータを使用し、回転数を制御した状態で電動機を駆動すること。
- ※2 優秀省エネルギー機器表彰制度
社団法人 日本機械工業連合会主催。優秀な省エネルギー機器の開発・実用化により、エネルギーの効率的利用の推進に貢献していると認められる企業や団体などを表彰する制度。
- ※3 クランプ装置
工作機械において、ワークや工具を固定するための装置。
- ※4 可変容量形ポンプ
1回転当たりの吐出量を変えることができる油圧ポンプ。
- ※5 定吐出量形ポンプ
1回転当たりの吐出量が一定の油圧ポンプ。
- ※6 シャープカット特性
ポンプの吐出流量が減少しはじめる圧力と吐出流量がゼロになる圧力の差が小さい圧力 - 吐出流量特性。

参考文献

- 1) 社団法人 日本機械工業連合会
優秀省エネルギー機器 平成19年度受賞機器の概要

関連記事

- 1) 久保 光生：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」
NACHI TECHNICAL REPORT、Vol.11 B3、October (2006)