

B4 Components

省エネ・高精度・コンパクトな電子制御可変システム

「パワーエクシード」

"Power Exceed" Electronically Controlled Variable System with Energy Efficiency, High-precision and Compactness

キーワード | 省エネ・コンパクト・高精度・油圧システム・両回転ポンプ
ACサーボモータ・高圧・大流量

油圧事業部／油圧産機技術部

古井 孝治 Koji Furui

要旨

省エネで、高精度な制御が可能な油圧システム「パワーエクシード」シリーズを商品化した。サーボモータ、両回転ポンプ、オイルタンク、安全弁などの必要な機能を全て搭載した油圧ユニット「UPW」(図1)は最高使用圧力30MPa、最大流量70L/minと広い使用範囲ながら、コンパクトな油圧ユニットである。また比例弁を駆動してポンプ容量を変更する可変容量ポンプを搭載しており、専用のコントローラやアンプによりポンプ容量と回転数の2つを可変制御することで機械の負荷にあわせた最適な制御を可能にした。

本稿では、新たに商品化した油圧システム「パワーエクシード」の特長について紹介する。

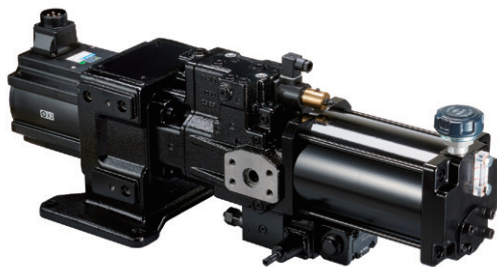


図1 「パワーエクシード」用油圧ユニット「UPW」

Abstract

NACHI has commercialized the hydraulic system with capability of energy-saving, high-precision control, "Power Exceed" Series. Hydraulic unit, UPW (Figure1) is equipped with servo motor, double-rotary pump, oil tank, safety valve and all other necessary features. Its maximum pressure is 30 Mpa and the maximum flow rate is 70 liters/min, presenting a wide-range use, yet achieving compactness. In addition, it is equipped with a variable displacement capacity pump that changes the pump capacity by driving a proportional valve. With variable control of the pump capacity and rotation speed using an exclusive controller and amplifier, Power Exceed has enabled the optimum control according to the machine load.

In this article, the features of NACHI's newly commercialized hydraulic system, "Power Exceed" is introduced.

1. コンパクトながら高圧・大流量対応「パワーエクシード」

近年、SDGsへの取り組みの一環としてより一層機械のコンパクト化、省エネ化、高精度化、サイクルタイムの短縮などが図られている。これらの要求にこたえるため「パワーエクシード」を開発したので紹介する。

「パワーエクシード」は、NACHI標準油圧ユニットに対し、消費エネルギーを1/10以下に低減した省エネ油圧システムである。また、大きな力を発揮できる油圧本来の特長と、油圧ポンプをACサーボモータ(以降サーボモータと記す)で直接駆動することで、電動システムと同じ制御性の良さとをあわせ持ち、高精度制御と大幅な省エネが実現可能な油圧システムである。

「パワーエクシード」の油圧ユニットは、サーボモータ、可変容量両回転ポンプ、オイルタンク、安全弁などの補助バルブなど、必要な機能をコンパクトに一体化した油圧ユニットである。機械のスペースに応じて水平取付形、垂直取付形が選択でき、また油圧シリンダーまでの油圧回路構成が油圧配管2本とシンプルになり、機械に搭載する際の設置自由度が高い。専用のサーボコントローラ、サーボアンプ、デジタルコントロールアンプと組みあわせて使用することでポンプ容量を機械の負荷状況にあわせて変化させ、小さいサーボモータで高圧・大流量の広い範囲を制御することが可能である。

2. 「パワーエクシード」のシステム構成

図2に「パワーエクシード」の構成を示す。「パワーエクシード」は油圧ユニット(UPW)、サーボコントローラ (EPX)、サーボアンプ(EPA)、デジタルコントロールアンプ内蔵DINコネクタ(EDX)などの機器から構成される。機械の制御装置からサーボコントローラへ動作指令信号(位置、速度、圧力)を与えると、動作指令に追従するように油圧ユニットを駆動する。

サーボコントローラは、センサーからのフィードバック信号を受け、動作指令信号と偏差が0になるように、ポンプ回転数とポンプ容量を制御し、正確に油圧

シリンダーをコントロールする。ポンプ回転数は機械の制御装置からの指令信号に対してサーボコントローラ (EPX) がサーボアンプ(EPA) を介してサーボモータを回して制御する。もう一方のポンプ容量はデジタルコントロールアンプ内蔵DINコネクタ(EDX)により、ポンプに搭載した比例弁を駆動することで、サーボコントローラ (EPX) の指令したポンプ容量に制御する。位置センサー、圧力センサーを使用したフィードバックシステムを構成することで、位置、速度、圧力を高精度に制御できる。

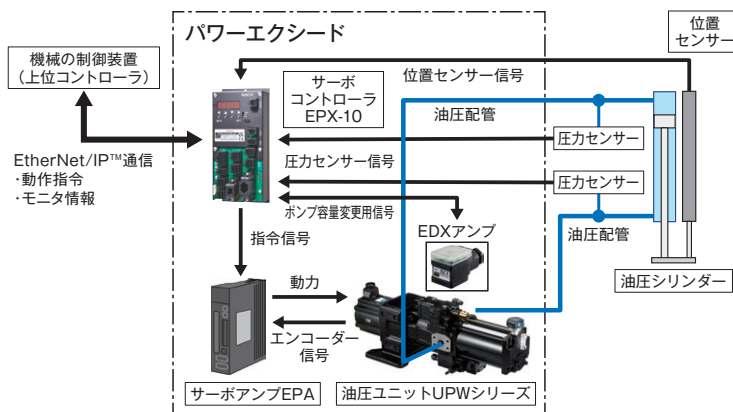


図2 システム構成例

3. 「パワーマイスター」との違い

NACHIは2003年に「パワーマイスター」^{1) 2)}として「UPS-0A/1Aシリーズ」の発売後、シリーズを追加し、「UPS-2Aシリーズ」³⁾までランナップを広げ、精密プレスなどシリンダー径大型化やサイクルタイムの短縮がすすんでいる機械に対応してきた。「パワーマイスター」はポンプ容量を固定にし、サーボモータの回転数制御で駆動させるシステムである。

このシステムの油圧ポンプ吐出流量は(I)、油圧ポンプを駆動する軸入力トルクは(II)で求められる。(図3)

$$Q = qN\eta_v / 1000 \dots (I)$$

$$T = Pq / 2\pi\eta_m \dots (II)$$

Q	: ポンプ流量 (l/min)
q	: ポンプ容量 (cm ³ /rev)
N	: 回転数 (N/min)
η_v	: ポンプ容積効率
T	: 軸入力トルク (N·m)
P	: 圧力 (MPa)
η_m	: ポンプ機械効率

図3 ポンプ流量、軸入力トルクの計算式

式から分かるように同じ圧力で使用する場合、ポンプ容量を大きくすることでポンプ吐出流量を大きくできる反面、ポンプ軸入力トルクが大きくなり、より大きな出力のモータを選定する必要がある。このためシステム全体のコストや設置スペースなどが大きくなるという課題があった。

これに対し、今回商品化した「パワーエクシード」では比例弁を駆動してポンプ容量を変更する可変容量ポンプを搭載することで図4のように負荷に応じて低圧大流量、高圧低流量までの制御を最小出力のサーボモータで可能にした。例えば、高圧30MPa、大流量70L/minで使用するためには「パワーマイスター」では20kWのサーボモータが必要であったが、「パワーエクシード」では5.5kWや11kWのサーボモータでも対応が可能となる。ただし、高圧で使用する際の流量、大流量で使用する際の圧力が制限されるので機械の仕様にあわせた選定が必要である。なお、ポンプ容量の制御は機械の負荷にあわせてサーボコントローラが自動で行なう。

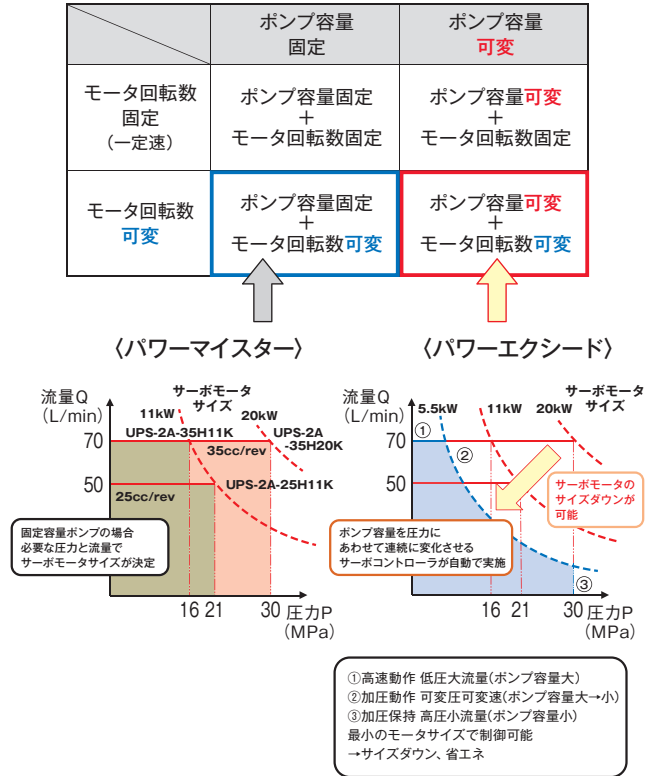


図4 パワーエクシードの動作原理

4. 「パワーマイスター」との使い分け

「パワーマイスター」との使い分けについて油圧プレスのサイクルを用いて説明する。油圧プレスは、限られた動力で加工速度を向上させるために、図5のようにシリンダーの加圧力が必要な動作工程①、⑤)では高速で動作させ、加圧力が必要な工程②)で減速させる。そのため、先述のとおり、「パワーエクシード」を使用すれば低圧時に大流量、高圧時に小流量にすることが可能であり、軸入力トルクがおさえられ、小さいモータを選定できる。

一方で、高圧と大流量を両立して使用する工程がある機械の場合はポンプ容量の可変によるメリットが小さくなり、大きなモータ出力が必要となる。またポンプ容量35.0cm³/revのポンプをポンプ容量が5.7～15.8cm³/rev用のサーボモータで動かしているため、加速・減速時の慣性力が大きくなり、加速・

減速トルクやサイクル全体の負荷率が大きくなる。さらにポンプ容量を可変するためには最低圧力として5MPa以上が必要であり、この圧力以下ではポンプ容量の制御が正常にできないため、制御性が悪くなる。こういった使われ方の場合は「パワーマイスター」のようにポンプ容量固定+モータ回転数可変の方が向いている。選定の際には機械のサイクルや動作工程毎の負荷条件を明確にし、最適なシステムを使用することが必要である。

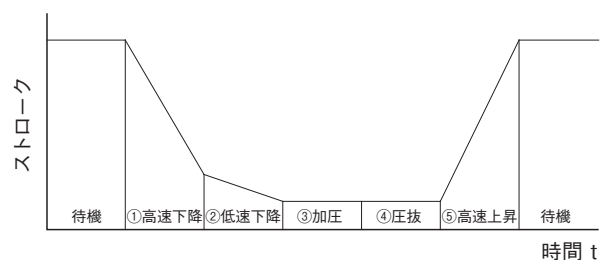


図5 油圧プレス動作工程

5. 可変速可変容量対応両回転ユニット「UPW」の特長

サーボモータ、可変容量両回転ポンプ、オイルタンクを直線的に配置し、安全弁および、シリンダーが伸縮する際に生じる作動油過不足分(シリンダー呼吸油量)をオイルタンクとの間で給排する給排弁を一体化した。図6に油圧ユニットの油圧回路図を示す。

可変容量両回転ポンプの搭載により、図7、8のように高圧30MPa、大流量70L/minが発揮できる「UPS-2A(パワーマイスター用一体型油圧ユニット)」, および、組みあわせで使用するサーボアンプと比較して大幅にコンパクトになり、機械・制御盤の小型化に貢献できる。また、取付姿勢は水平取付形、垂直取付形の2種類を選択可能とし、機械の設計にあわせてご使用いただける。加えてタンク無しタイプも選択可能とし、機械のレイアウトや使用条件にあわせたタンクを容易に接続可能である。

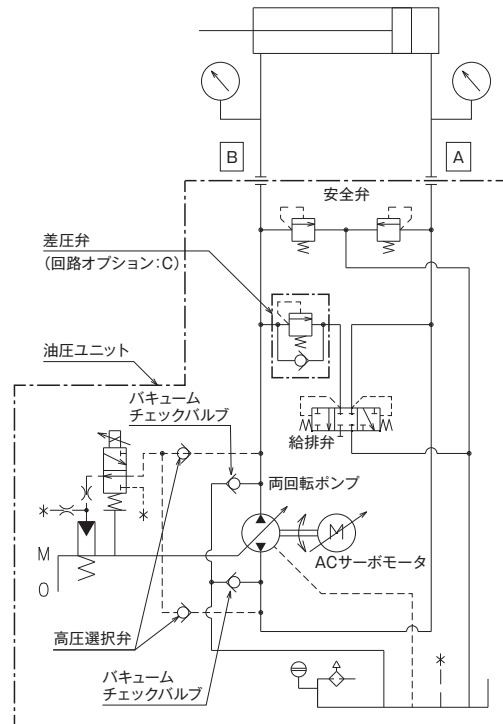


図6 油圧ユニットの回路図

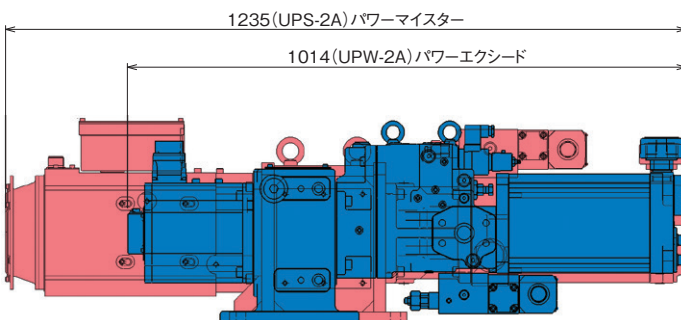


図7 UPW-2A(5.5kW) とUPS-2A(20kW) の寸法比較(水平仕様)

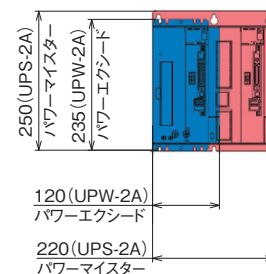


図8 UPW-2A(5.5kW) 用サーボアンプとUPS-2A(20kW) 用サーボアンプの寸法比較

表1 油圧ユニット仕様

油圧ユニット形式	モータ出力 kW	ポンプ容量 cm ³ /rev	最高回転数 min ⁻¹ (注1)	最大流量 L/min (注2)	最高使用圧力 MPa (注3)	タンク容量 Lit (呼称) (注5)	許容変動油量 Lit (概算) (注4)
UPW-2A-35*55-10	5.5	3.5 ~ 35.0	2,000	70.0	差圧弁無：30 差圧弁有：25	6.0	V：2.8 H：0.8
UPW-2A-35*75-10	7.5						
UPW-2A-35*11K-10	11.0						

(注1) 高速回転時に出力可能なトルクが低下するモータ特性により、最高回転数で使用可能な圧力に制限があります。

(注2) 無負荷時の理論流量です。実際の流量は負荷圧力によって変わります。

(注3) 回路オプションC：差圧弁を搭載した場合は、最高使用圧力が25MPaまで制限されます。

(注4) 変動油量が許容値よりも大きい場合は、補助タンクの接続などで対応が可能です。別途ご相談ください。

(注5) タンク無を選定された場合はオイルタンクが別途必要となります。NACHIでも製作可能ですので、ご要望される場合はご相談ください。

(注6) 作動油温度は油圧ユニットの設置環境や運転方法、負荷条件など様々な要因の影響を受けるため、実機運転状態にて、お客様で必ずご確認ください。

また、長時間の連続加圧運転や高頻度のシリンダー往復運転では、油温が高温となる場合があります。使用圧力の制限や冷却システムの追加取り付けが必要となる場合がありますので、別途ご相談ください。

電動機	ACサーボモータ (5.5kW、7.5kW、11kWサーボアンプ駆動による) 電源電圧 三相AC200~230V 50/60Hz (サーボアンプ電源)
ポンプ	可変容量ピストンポンプ (3.5~35.0cm ³ /rev)
使用周囲温度/湿度	0~+40°C/20~90% RH (結露なきこと)
使用作動油温度調整範囲	5~60°C
推奨作動油	耐摩耗性油圧作動油 ISO VG46
作動油粘度範囲	20~200mm ² /s {cSt}
運転時粘度範囲	20~100mm ² /s {cSt}
作動油汚染度	ISO 22/18/15以内
安全弁圧力調整範囲	3.5~30MPa {35.7~306kgf/cm ² }
比例ソレノイド定格電流	0.8A
塗装色	黒

6. コントローラ・アンプの特長

油圧ユニット(UPW) 以外に「パワーエクシード」を構成するサーボコントローラ(EPX)⁴⁾、サーボアンプ(EPA)、デジタルコントロールアンプ内蔵DINコネクタ(EDX)⁵⁾について、簡単に特長を紹介する。

1) サーボコントローラ (EPX)

「パワーマイスター」用として2023年に商品化した「EPX」は産業用ネットワークEtherNet/IPTM通信に対応しており、ケーブル1本で接続可能であり、ノイズに強く、高精度に位置、流量、圧力が可能である。配線の簡略化は制御盤内の省スペース化や配線工数の削減に貢献する。詳細は本号の「サーボコントローラ[EPX-10]」を参照されたい。

2) サーボアンプ (EPA)

油圧ユニットと組みあわせて使用するサーボアンプは省エネ性が向上した最新のものを採用した。新世代パワーデバイスの採用により駆動効率を改善し最大7%損失を低減したほか、高性能可変速ファンモータの採用により待機電力が最大10%削減し、待機時の騒音低減にも寄与する。

3) デジタルコントロールアンプ内蔵DINコネクタ (EDX)

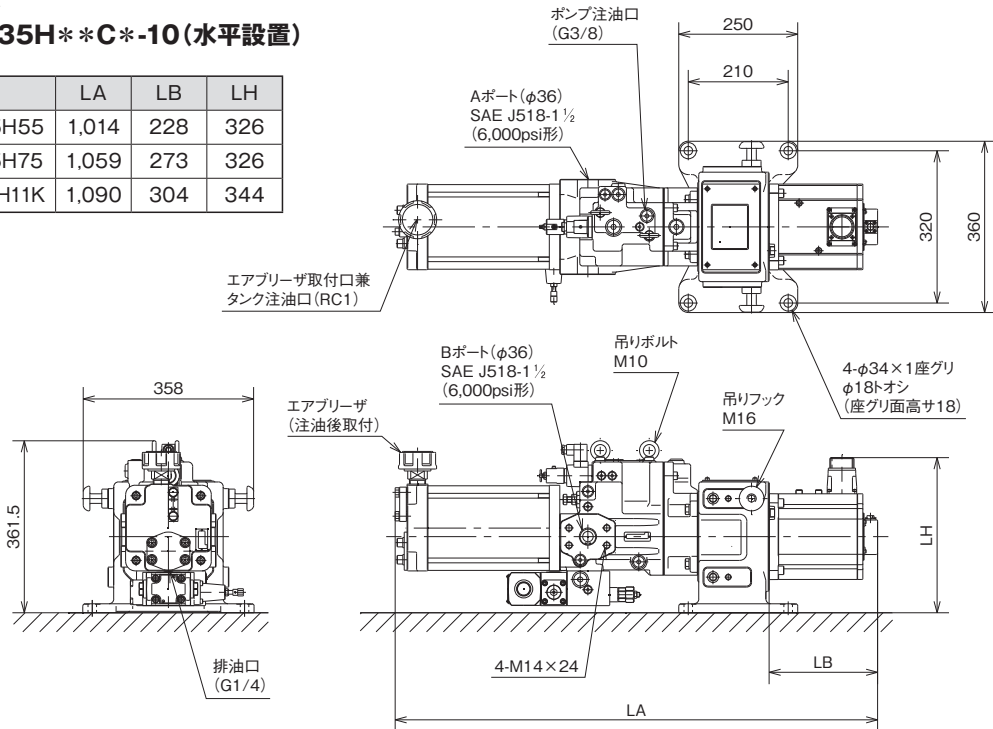
油圧ユニットの電磁比例弁に直接搭載でき、制御盤内の電磁比例弁アンプの設置スペースが不要となる。またサーボコントローラ(EPX) との接続はケーブル1本で可能であり、配線工数の削減に貢献する。

7. 取付寸法図

油圧ユニット

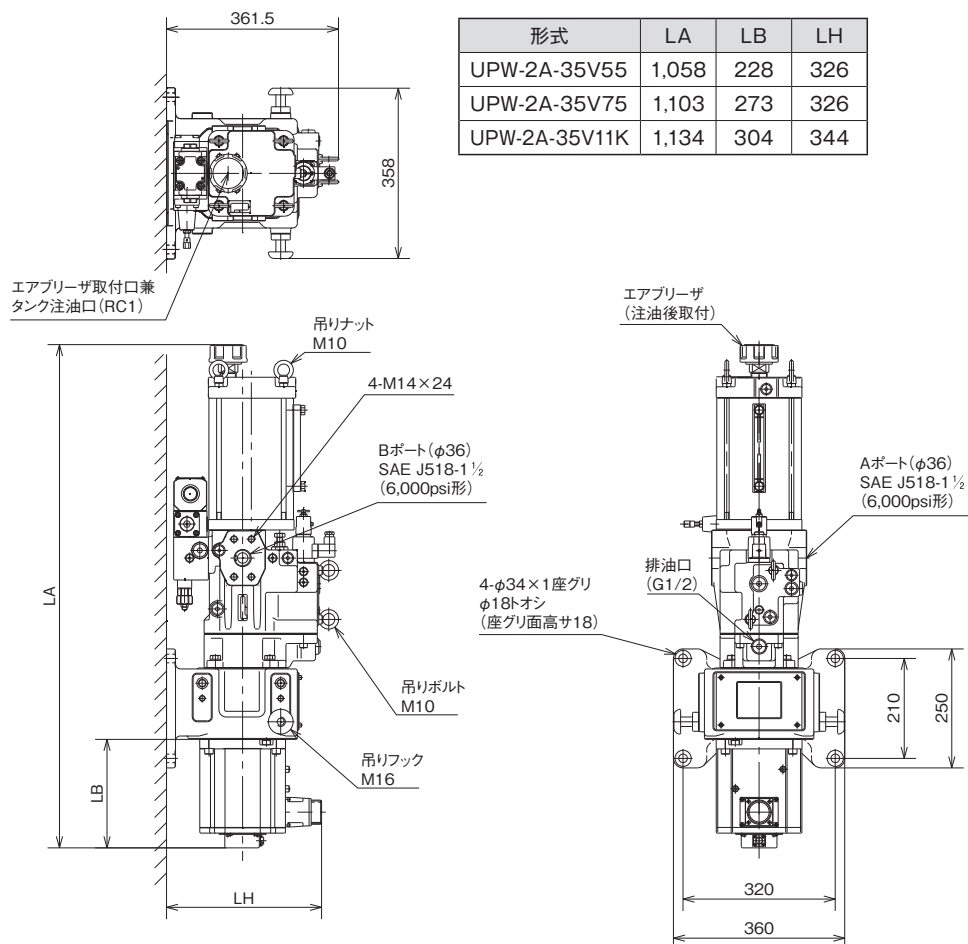
UPW-2A-35HC*-10 (水平設置)**

形式	LA	LB	LH
UPW-2A-35H55	1,014	228	326
UPW-2A-35H75	1,059	273	326
UPW-2A-35H11K	1,090	304	344



UPW-2A-35VC*-10 (垂直設置)**

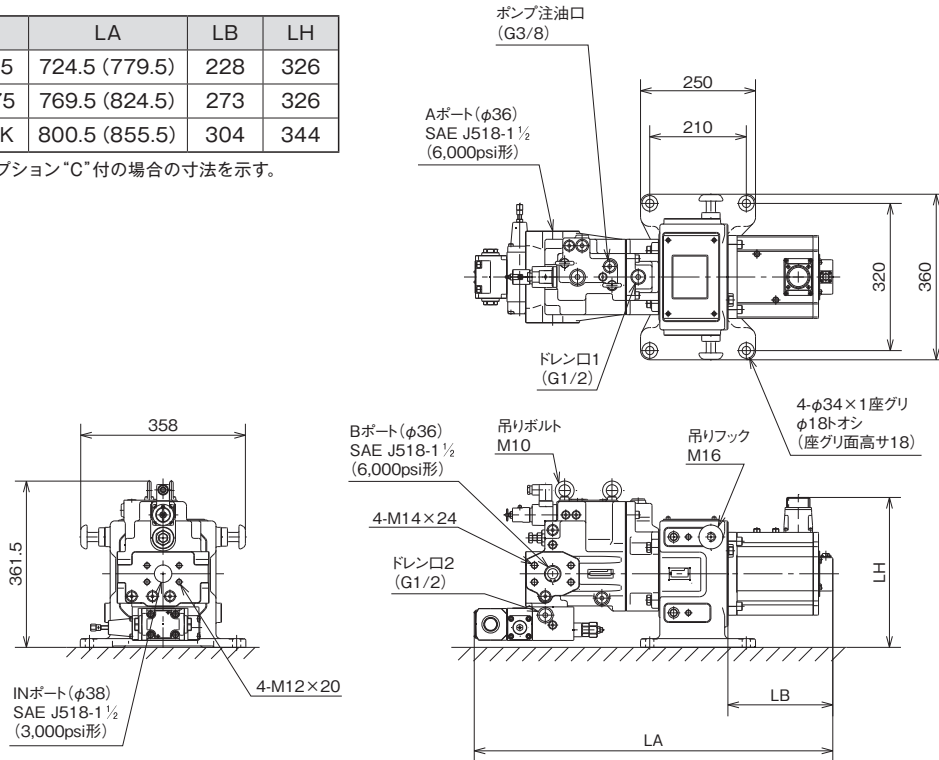
形式	LA	LB	LH
UPW-2A-35V55	1,058	228	326
UPW-2A-35V75	1,103	273	326
UPW-2A-35V11K	1,134	304	344



UPW-2A-35L**C*-10(油圧タンク別置)

形式	LA	LB	LH
UPW-2A-35L55	724.5 (779.5)	228	326
UPW-2A-35V75	769.5 (824.5)	273	326
UPW-2A-35L11K	800.5 (855.5)	304	344

() 寸法は回路オプション“C”付の場合の寸法を示す。



8. まとめ

本稿では新たに商品化した電子制御可変システム「パワーエクシード」の構成と特長を紹介した。

従来の「パワーマイスター」の高圧・大流量、省エネ、高精度制御、コンパクト、低騒音、低発熱、作動油量低減(省資源)などの特長を継承しつつ、お客様の機械の負荷にあわせた制御を追加することで更なるコンパクト化を実現した。これらの特長をより多くのお客様に実感いただくために、今後さらに使いやすくなるように改良をすすめていく。

用語解説

EtherNet/IP™は、ODVAの登録商標または商標。

参考文献

- 久保 光生・山田 健治：省エネ・高精度なコンパクト油圧システム「パワーマイスター」
NACHI TECHNICAL REPORT Vol.1
- 高嶋 明・久保 光生：さらに省エネ・コンパクトになった油圧システム「パワーマイスター」
NACHI TECHNICAL REPORT Vol.27
- 堀内 学・鈴木 健吾・古谷 一輝：さらなる大流量への対応で生産性向上に貢献
パワーマイスター用油圧ユニット[UPS-2A]
NACHI TECHNICAL REPORT Vol.39
- 吉田 圭佑・石崎 優：ネットワーク通信対応サーボコントローラ[EPX-10]
NACHI TECHNICAL REPORT Vol.41
- 海老原 康晶：電磁比例弁用デジタルコントロールアンプ内蔵DINコネクタ[EDX-10]
NACHI TECHNICAL REPORT Vol.40