

B6 Components

ネットワークにつながる油圧機器

産業用ネットワークEtherNet/IP™対応電磁比例弁用 デジタルコントロールアンプ「ERD-20」

Hydraulic Unit with Network Connectivity

Digital Control Amplifier "ERD-20" for Electromagnetic Proportional Valve
It supports industrial network protocol, EtherNet/IP™

キーワード | 電磁比例弁・電磁比例弁用アンプ・デジタル制御
産業用ネットワーク・EtherNet/IP™・工作機械

油圧事業部／油圧建機技術部

前原 貴裕 Takahiro Maehara

要旨

近年、デジタルネットワーク技術の急速な進歩により、様々な産業分野でIT化やIoT化がすすんでおり、油圧機器においてもその例外ではない。

油圧機器をデジタル制御化するうえで最も代表的なものが電磁比例弁と、それを制御するためコントロールアンプである。

今回、産業用ネットワークのEtherNet/IP™通信^{※1}に対応し、ネットワークにつながる油圧機器として、電磁比例弁用小型多機能デジタルコントロールアンプを開発した。その特長を紹介する。

Abstract

In recent years, due to a rapid advancement of digital network technology, IT and IoT support are advancing in various industrial sectors. This is not an exception in the hydraulic unit field. The items typically used for digital control of a hydraulic unit are an electromagnetic proportional valve and a control amplifier for controlling the valve.

NACHI has developed a small, multi-functional digital control amplifier that supports and connects to industrial network, EtherNet/IP™. Introduced here are its features.

1. はじめに

NACHIは、1960年代のソレノイドバルブの販売開始後、電磁比例弁とそれを制御するためのアンプをあわせて開発・販売し、ユーザーの多様なニーズに対応してきた。近年ではデジタルネットワーク技術の急速な進歩により、様々な産業分野・産業機器においてIoT化が求められている。油圧機器においても例外ではなく、デジタル制御やネットワークへつながる製品が求められている。

本稿では、油圧により制御される産業機械の自動化やIoT化をすすめるため開発した、産業用ネットワークEtherNet/IP™通信対応の電磁比例弁用小型多機能デジタルコントロールアンプ「ERD-20」を紹介する(図1)。



図1 デジタルコントロールアンプ「ERD-20」

2. 従来のアナログコントロールアンプ

油圧装置では、作動油の圧力・流量・方向を制御して機械に所定の動作をさせている。例えば、射出成形機やプレス機械、工作旋盤は油圧装置を利用した代表的な機械である。これらは、金型や工作物が変わると圧力や流量を適切に調整する必要がある。この調整用の油圧装置として電磁比例弁とそれを駆動するためのコントロールアンプはよく知られている。これらは、電磁比例弁のソレノイドに流す電流の大きさをコントロールアンプにより制御することで圧力や流量を調整する。電磁比例弁は一般的に、電流の大きさに比例して圧力・流量が変化する特性をもつ。一見してシンプルな特性をもつが、従来のアナログコントロールアンプ(図2)では次のような点が指摘されていた。

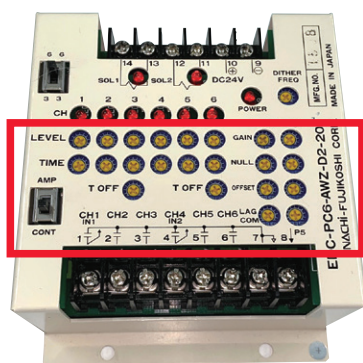


図2 アナログコントロールアンプ例
(赤枠内:アナログボリューム)

1) 調整のばらつき

アナログコントロールアンプで電磁比例弁の電流量を調整するためには、アナログボリューム(図2赤枠)による調整が一般的であるが、手動による調整になるため調整値に個体差・ばらつきが生じてしまう。

2) 外的要因による最適調整値の変化

ある加工条件の最適な調整値は、作業開始時と作業中とでは、ずれが生じてしまう。この一因として、作動油の温度変化が挙げられる。温度によって作動油の粘性が変化することで、圧力や流量が変動する。このためソレノイドへ一定の電流を流しても圧力が変動してしまう。このような外的要因による調整値ずれを回避するためには、作動油の温度変化に応じて都度コントロールアンプへの指令値の調整が必要となる。

3) 駆動状態の情報取得

コントロールアンプは、エラーの発生やソレノイドに流れている電流値など、内部の駆動状態を上位コントローラ(PLCなど)に通知する機能を有している。その方法は、コントロールアンプに準備されている出力端子からのON/OFF信号やアナログ信号を上位コントローラに接続することで実現している。ただし、出力端子の数には限りがあるため出力が可能な情報は限定されてしまう。

3. 「ERD-20」の機能

今回開発したNACHIの「ERD-20」は、マイコンを搭載したデジタルコントロールアンプである。従来のアナログコントロールアンプと比較して複雑な演算処理やデジタル処理を実現している。次に「ERD-20」の特長を示す。

1) パラメータのデジタル管理

先にも述べたが、従来のアナログコントロールアンプでは、調整値にばらつきや個体差が生じる。「ERD-20」では、調整値をデジタル値のパラメータとして設定・管理することができるため、ばらつきのない一意の値として設定することが可能となっている。

設定方法は、本体の直接操作とデジタル通信によって行なう方法がある。直接操作は、本体に搭載されている7セグメントLEDの表示とボタン操作にて行なう。

デジタル通信ではPCと「ERD-20」をUSBで接続することで、専用のツールソフトウェア(図3) からパラメータを設定することが可能である。さらに、設定されているパラメータを「ERD-20」から一括で読み出し、PCへ保存することも可能であるため、図4のように保存した設定パラメータを別のデジタルコントロールアンプへ一括展開することも可能である。

従って、コントロールアンプ毎にボリュームを回して微調整を行なう作業から解放され、ばらつきのないパラメータを素早く確実に展開することが可能となっている。

SOL1設定		SOL2設定		検点入力設定		リレー設定		アンプ基本設定		UI設定	
		名称	パラメータコード	設定値	単位	設定範囲					
Read	Write	目標値の入力選択	1000	6	-	0,1,2,3,4,5,6,7					
Read	Write	ディザ周波数	1001	150	Hz	0~250					
Read	Write	ディザ幅幅	1002	0	mA	0~300					
Read	Write	入力最大電圧	1100	10000	mV	0~10000					
Read	Write	出力最大電流	1101	900	mA	0~1000					
Read	Write	不感電A	1102	0	mV	0~10000					
Read	Write	不感電B	1103	0	mV	0~10000					
Read	Write	出力電流OFFSET	1104	0	mA	0~1000					
Read	Write	電流シフト	1105	0	mA	0~1000					
Read	Write	立ち上がり時間	1106	0	ms	0~65000					
Read	Write	FB値の入力選択	1200	0	-	0,1,2,3,4					
Read	Write	流量・圧力最大出力	1201	0	Mpa/0.1	0~10000					
Read	Write	FB用の不感電	1202	0	mV	0~10000					
Read	Write	センサ-換算用の...	1203	0	mV	0~10000					
Read	Write	センサ-換算用の...	1204	0	Mpa/0.1	0~10000					
Read	Write	センサ-換算用の...	1205	0	mV	0~10000					
Read	Write	バルブモデル:80...	1206	0	Mpa/0.1	0~10000					
Read	Write	バルブモデル:オフ...	1207	0	mA	0~1000					
Read	Write	FBの故障通知用...	1208	5000	ms	0~10000					
Read	Write	FBの故障通知用...	1209	50	%	0~100					
Read	Write	FBの故障通知用...	1210	50	%	0~100					
Read	Write	PID: 比例ゲイン	1211	0.6	-	0~99.999					
Read	Write	PID: 積分ゲイン	1212	0.01	-	0~99.999					
Read	Write	PID: 微分制動の...	1214	100	%	0~100					
Read	Write	PID: 積分制動の...	1215	100	%	0~100					
Read	Write	目標値の入力選択	2000	2	-	0,1,2,3,4,5,6,7					
Read	Write	ディザ周波数	2001	150	Hz	0~250					

図3 ツールソフトウェア設定画面

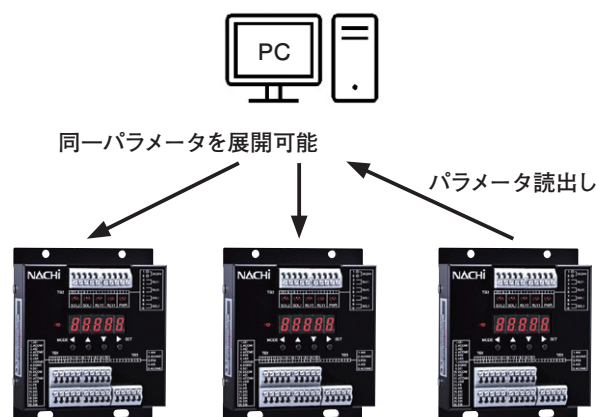


図4 同一パラメータを水平展開

2) センサーフィードバック機能

デジタルコントロールアンプの「ERD-20」は、電磁比例弁の制御結果である圧力もしくは流量センサー値を直接取得することができる。「ERD-20」は、このセンサー値と外部コントローラからの目標値との差分を検知し、圧力や流量を一定に保つようソレノイド電流を自動的に調整するフィードバック機能を搭載している。この機能により、油温変化などの外的要因による圧力変動が生じた場合でも一定の圧力を保持することが可能となっている。

図5、図6に圧力フィードバック機能が有効・無効のときの油温-圧力特性を示す。図6はフィードバック機能が無効になっているため、油温が上昇するにつれ圧力が低下しているが、図5はフィードバック機能が有効に働き、圧力を一定に保持していることが確認できる。

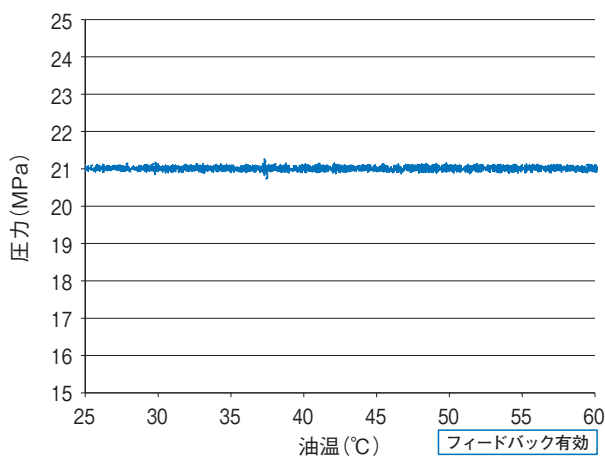


図5 油温-圧力特性(圧力フィードバック有効)

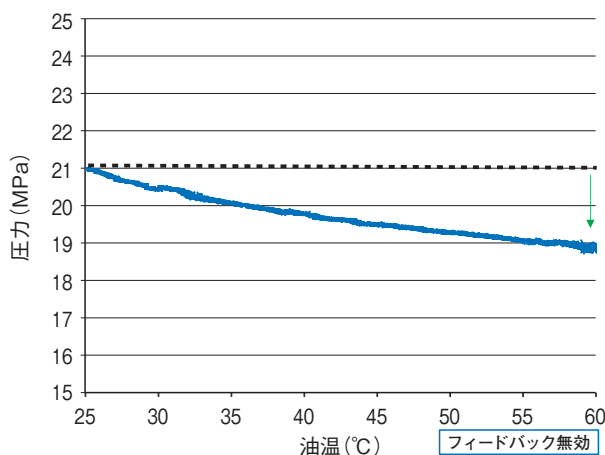


図6 油温-圧力特性(圧力フィードバック無効)

「ERD-20」にセンサー信号を入力するだけで、フィードバック機能が完結するため、上位コントローラでフィードバック回路やプログラムを構築する工数を削減することができる。

さらに、「ERD-20」ではセンサーフィードバックの制御アルゴリズムに改良を加えたことにより、圧力変動への追従性が向上している。図7、図8にアルゴリズム改良前後の流量-圧力特性を示す。図8は、上位コントローラから指令値の4.0MPaを指示し、流量を変化させても高い追従性を実現していることが確認できる。

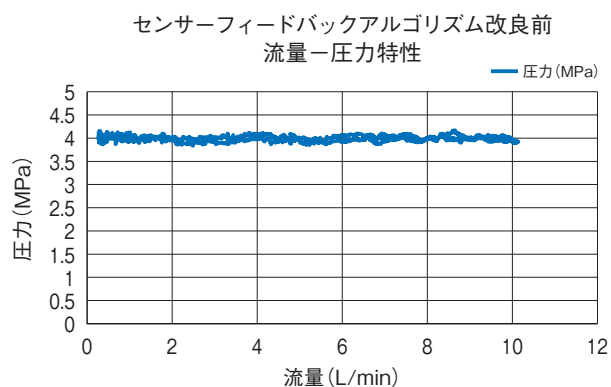


図7 改良前の流量-圧力特性

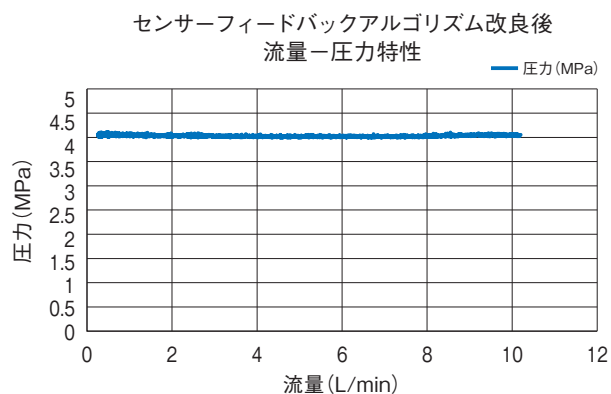


図8 改良後の流量-圧力特性

3) EtherNet/IP™通信への対応

従来、生産システムのネットワークでは、様々な通信規格が乱立していたが、現在は産業用イーサネットに置き換わっている。この産業用イーサネットの規格のひとつにEtherNet/IP™がある。EtherNet/IP™は、IEEE802.3の標準イーサネットの規格に対応しているため、一般的なRJ45のLANコネクタで対象機器と接続することが可能である。さらに、標準イーサネットの技術進歩に追従することが容易であるという利点がある。

「ERD-20」がEtherNet/IP™に対応することで次の利点が挙げられる。

先にも述べたが、コントロールアンプの内部状態を上位コントローラに伝達するためには、個別に物理結線をする必要があり、結線できる数にも制限があった。

「ERD-20」がEtherNet/IP™に対応することで、今まで個別に結線したものがLANケーブル1本で双方向の伝達が可能になる。さらに、伝達することのできる情報量も増え、上位コントローラからの指令値は当然のこと、エラー発生時の情報や、エラー解除信号、ソレノイドに流れる実際の電流値、圧力センサー利用時には圧力信号など、様々な入出力信号の送受信が可能になる(図9)。

このように様々な情報をEtherNet/IP™通信によって伝達することができるため、上位コントローラとの間に変換器を用意することなく、シームレスな通信が可能となり、工場のFA化に貢献できる。



図9 EtherNet/IP™通信でのデータ伝送

4) 仕様

「ERD-20」は、EtherNet/IP™通信の対応形式と非対応形式の2種類がある。図10に形式を示す。なお、EtherNet/IP™通信の対応形式品は、非対応品の外形と高さのみ異なる。図11に外形寸法図、図12に仕様一覧を示す。

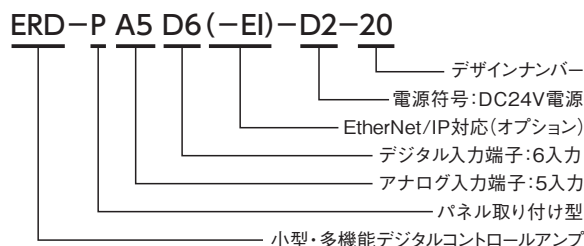
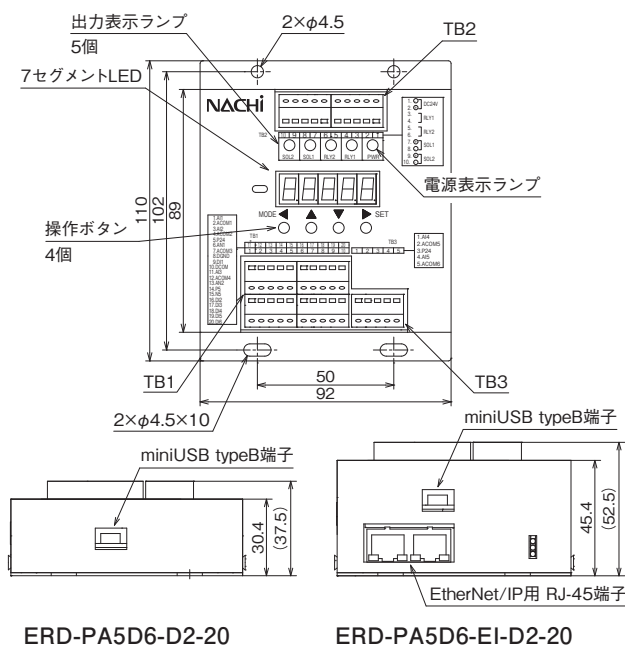


図10 形式(EI付きが対応品)



ERD-PA5D6-D2-20

ERD-PA5D6-EI-D2-20

EtherNet/IP対応品の外形は、高さのみ異なります。

図11 外形寸法図

項目	仕様	
電源電圧／消費電流	DC24V(22～30V)／最大2.2A	
使用周囲温度／湿度	0～55℃／90%RH以下	
指令入力方法	アナログ電圧入力	アナログ入力で最大2台同時の比例弁を駆動できます。
	接点入力	接点入力で作動電流を指令できます。
	ビットパターン入力	比例弁1台:32パターン 比例弁2台:16パターンの動作電流を制御できます。
	EtherNet/IP	周期的なデジタル通信で指令できます。
入力信号	アナログ入力端子	DC0～10V入力:4ch DC±10V:1ch
	デジタル入力	6chの接点入力
出力信号	ソレノイド出力	0～900mA:2ch
	信号出力	電流波形出力や圧力センサー電圧を出力可能:2ch
表示および、操作方法	LED表示、5桁表示、4つの操作ボタン	
USB端子	miniUSB typeB	
対応比例弁	圧力制御弁、流量制御弁、方向流量制御弁	
EtherNet／IP仕様	アダプタ動作 コンフォーマンステスト CT-18で実施	
海外安全規格対応	CEマーキング(自己宣言)	

図12 仕様一覧

4. おわりに

工作機械、プレス機械、成形機など油圧を利用している多くの機械分野での自動化のために、今後ますます油圧機器の電子制御化がすすんでいくと考えられる。今回紹介した産業用ネットワーク対応の電磁比例弁用デジタルコントロールアンプは、そういった電子制御化を推進していくうえで重要なアイテムとなる製品と考えている。

とくに単純な油圧力の指令だけでなく、常時、油圧機器の状態をモニタすることができるようになると、その大量のデータ(ビッグデータ)を利用して、油圧機器の予防保全などへ応用できる。

また、電子制御化とともに、今後増加すると予想されるカーボンニュートラルの要望に対応し、よりよい油圧機器とその周辺装置を低コストで提供し、社会に貢献していきたい。

用語解説・引用

※1 EtherNet/IP™
ODVAの登録商標または商標。

