

B4 Components

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」

"EDX-10" DIN Connector with Built-in Digital Control Amplifier
for Electro-hydraulic Proportional Valve

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・Modbus/RTU・小型化・工作機械

油圧事業部／油圧建機技術部

海老原 康晶 Yasuaki Ebihara

要 旨

ものづくりの現場では、生産性向上や効率化を目的に、設備のデジタル化や省スペース化のニーズが強まり、油圧機器においても、対応機器の要求が高まっている。

デジタル化に対応した油圧機器としては、2019年より油圧電磁比例弁用のデジタルコントロールアンプERDを市場に投入している。

今回、開発したデジタルコントロールアンプ内蔵のDINコネクタ「EDX-10」は、電磁比例弁に直接搭載することができ、省スペース化のニーズに対応することで、ユーザーの生産性向上に貢献する。本稿では、その特長を紹介する。

Abstract

At the manufacturing site, the needs for digital-control equipment and saving of space have increased for the purpose of productivity improvement and efficiency. In the hydraulic equipment sector, hydraulic equipment applicable to digital-control equipment is increasingly demanded.

In 2019, NACHI introduced in the market Digital Control Amplifier ERD for an electro-hydraulic proportional valve, responding to the digitalized equipment.

“EDX-10”, a newly developed DIN Connector with Built-in Digital Control Amplifier can be directly installed to the electro-hydraulic proportional valve and contributes to improvement of users’ productivity by responding to the need of space saving. In this article, the features of “EDX-10” are introduced.

1. はじめに

NACHIでは、油圧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・産業機器においてデジタル化、小型化、省スペース化が求められている。

油圧電磁比例弁用の駆動アンプについては、2019年にERD-10を発売、2021年には産業用ネットワーク^{※1} EtherNet/IP™に対応したERD-20を発売し、デジタル化のニーズに対応している¹⁾。

本稿では、小型化・省スペース化に対応し、デジタルコントロールアンプERD-20と同等の機能を持つ、電磁比例弁に直接搭載可能なデジタルコントロールアンプ内蔵のDINコネクタ「EDX-10」を紹介する。(図1、図2)



図1 デジタルコントロールアンプ内蔵DINコネクタ「EDX-10」



図2 電磁比例弁への搭載例

2. 従来の電磁比例弁用アンプ

油圧機器は、作動油の圧力、流量、方向を制御して機械に所定動作をさせるものである。例えば、プレス機械や工作機械などは、油圧機器が用いられる代表的な機械である。これらの機械では、工作物毎の設定圧力の変更や、プレス作業中に押し付け力を変化させる必要がある。

油圧力を変更するための油圧機器としては、電磁比例弁とそれを駆動するためのアンプはよく知られている。この電磁比例弁用アンプは、入力された指令電圧に対し電磁比例弁へ流すソレノイド電流を比例に変化させ、油圧力や流量を制御する。

従来の電磁比例弁用アンプとしては、指令電圧に対して、可変抵抗器（調整用ボリューム）を調整し、所望の圧力や流量を得るアナログアンプが用いられてきたが、手動調整のため設定値のばらつきが発生していた。それを解決するため、デジタル化により数値をパラメータとして設定できるデジタルアンプを開発した。しかし、これまでの電磁比例弁用アンプには表1の課題が指摘されていた。それらの課題に対し、デジタルコントロールアンプ内蔵DINコネクタ「EDX-10」では、次の対策で応えている。

表1 電磁比例弁用アンプの課題と対策

番号	課題／対策	内容
①	課題	<ul style="list-style-type: none"> ・アンプ筐体サイズの設置スペースを必要とする。 ・配線が多い。
	対策	<ul style="list-style-type: none"> ・アンプ機能をDINコネクタに内蔵。 ・電磁比例弁への直接搭載による省配線化。
②	課題	調整用ボリュームによる手動調整であり、設定がばらつく。
	対策	デジタル化により調整値をデジタル値として扱うことで、設定のばらつきをなくす。
③	課題	電流は一定に制御できるが、油温や流量により電磁比例弁の制御圧力は変化する。
	対策	センサフィードバック機能を搭載することで、発生する圧力や流量をセンシングし、指令値にあわせる。
④	課題	<ul style="list-style-type: none"> ・圧力指令などはアナログ電圧で指令するため、ノイズなどで誤差が生じる。 ・機械動作時の油圧力などの情報を取得することができない。
	対策	※2 Modbus/RTUによるデジタル通信への対応により高速通信と耐ノイズ性を向上させる。

3. 「EDX-10」の機能

今回開発したデジタルコントロールアンプ内蔵DINコネクタ「EDX-10」は、デジタルコントロールアンプERD-20の機能をベースとして、省配線化・小型化・省スペース化に重点を置いて開発している。次に「EDX-10」の特長を示す。

1) 省配線化・小型化・省スペース化

これまで工作機械や成形機などの配線構成においては、電磁比例弁用アンプの設置スペース、および、PLCなどの上位コントローラと電磁比例弁用アンプの配線、電磁比例弁用アンプと電磁比例弁の配線が必要となっていた。

本機器では、デジタルコントロールアンプ機能をDINコネクタに内蔵しているため、電磁比例弁に直接搭載でき、電磁比例弁用アンプの設置スペースが不要となる。また、配線は上位コントローラと本機器のみとなり、省配線化をはかれるようになっている。

これらの対策により表1で示した「①筐体サイズが大きい、接続時の配線が多い」という課題を解決し、ユーザーの制御盤のレイアウトに影響を与えず、省スペースな設計が可能となっている。(図3、図4)

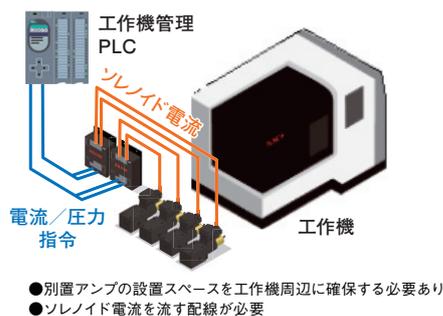


図3 電磁比例弁用アンプでの配線構成例

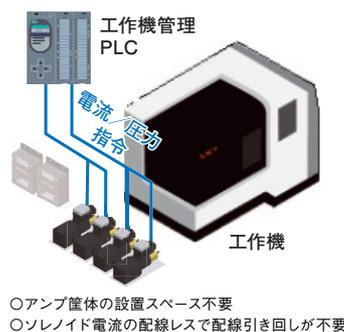


図4 「EDX-10」での配線構成例

さらに、低発熱のパワー ICなどの採用により、デジタルコントロールアンプERD-20と比べ消費電力が5%改善されており、省エネルギー対応の一助となる。

なお、従来のデジタルコントロールアンプERDは、筐体で2台の電磁比例弁を駆動することができたが、今回のデジタルコントロールアンプ「EDX-10」は、その構造上、1台の電磁比例弁の制御のみ可能となっていることを注意しておく。

2) パラメータのデジタル管理

本機器は、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。アナログアンプでの調整用ボリュームを不要とし、デジタルコントロールアンプERD-20と同様に、調整値をデジタル値のパラメータとして設定することができる。

この対策により表1での「②手動調整により設定がばらついてしまうこと」を解決し、ばらつきのない設定パラメータとして入力することが可能となっている。

ただし、筐体の小型化、省スペース化を実現するため、従来の電磁比例弁用アンプにあった調整ボリュームや設定ボタンを搭載していない。そのため、パラメータの設定は、専用のWindowsアプリで実施する。(図5、図6)

本機器とPCをUSB Type-Cケーブルで接続し、Windowsアプリを使用して、パラメータの書き込みや設定されているパラメータを読み出すことができる。その上、読み出した設定パラメータをPCへ保存し、保存された設定パラメータを別の同種機械へ一括展開することも可能であり、同種機械への水平展開が素早く簡単に実施できる。(図7)

また、本機器はUSB給電に対応しているため、DC24V電源を準備しなくても、PCと本機器をUSB接続するだけで、パラメータの設定が実施可能となっている。



図5 PCアプリとの接続例

SQL設定		変換入力設定		％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	1	-	0,1,2,3			
Read	Write	フィードバック	1001	100	Hz	0~250			
Read	Write	フィードバック	1002	20	mA	0~200			
Read	Write	出力最大電流	1101	900	mA	0~1000			
Read	Write	不感帯A	1102	0	mV	0~10000			
Read	Write	不感帯B	1103	0	mV	0~10000			
Read	Write	最小出力電流	1104	0	mA	0~1000			
Read	Write	電流シフト	1105	0	mA	0~1000			
Read	Write	立ち上がり・立ち下りの制限	1106	0	ms	0~5000			
Read	Write	フィードバックの遅延時間	1108	1	-	0,1,2,3,4			
Read	Write	目標値の入力選択	1200	1	-	0,1			
Read	Write	流量-圧力最大出力	1201	40	MPa/L	0~10000			
Read	Write	流量-圧力最大出力	1202	100	mV	0~10000			
Read	Write	センサ-換算時の出力範囲	1204	100	MPa/L	0~10000			
Read	Write	センサ-換算時の出力範囲	1205	0	mV	0~10000			
Read	Write	圧力シフト	1206	70	MPa/L	0~10000			
Read	Write	圧力シフト	1207	0	mA	0~1000			
Read	Write	FBの比率設定(増幅)：速度...	1208	5000	ms	0~10000			
Read	Write	FBの比率設定(増幅)：変速...	1209	30	%	0~100			
Read	Write	FBの比率設定(増幅)：位置...	1210	50	%	0~100			
Read	Write	圧力ゲイン	1211	0.5	-	0~99.999			
Read	Write	圧力ゲイン	1212	0.01	-	0~99.999			
Read	Write	圧力ゲインの有効範囲	1214	100	%	0~100			
Read	Write	圧力ゲインの有効範囲	1215	50	%	0~100			
Read	Write	センサ-入力遅延時間	1217	2	-	0,1,2,3			
Read	Write	圧力ゲインの比率	1218	1	-	0,1,2			
Read	Write	圧力ゲインの比率	1219	1	-	0,1,2			

図6 PCアプリによるパラメータ設定画面の例

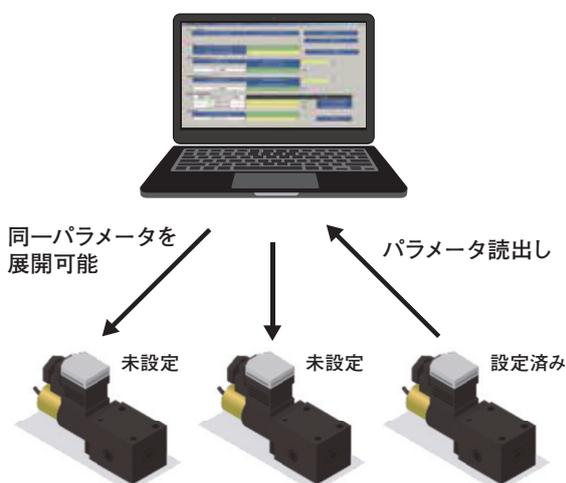


図7 同一パラメータの水平展開例

3) センサフィードバック機能

本機器は、デジタルコントロールアンプERD-20と同様に、センサフィードバック機能を搭載している。電磁比例弁の制御結果である圧力もしくは流量センサ値を直接取得することができる。

例えば、指令された圧力にあわせて、圧力センサから読み込んだ信号をもとに、電磁比例弁に印加する電流を自動的に調整し、圧力の変化を抑制することができるようにしている。この機能により、表1で示した「③油温や流量により電磁比例弁の制御圧力が変化してしまう」という課題を解決している。

また、本機器のみでセンサフィードバック制御が可能であるため、ユーザーは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。

図8にセンサフィードバック機能が有効・無効な場合の圧力変化を示す。今回は、上位コントローラからの指令値が4.0MPaのときの流量-圧力特性を測定した。本機能のセンサフィードバック制御が流量増加による圧力低下を抑制し、高い圧力精度を実現していることが確認できる。

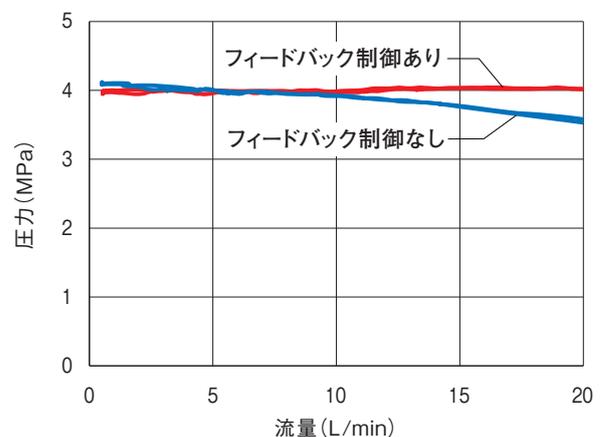


図8 センサフィードバック制御での圧力変化

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」

この機能を搭載することにより、ユーザーのPLCなどの上位コントローラから圧力を指令するだけで、加工条件や油温上昇などの外的要因が発生する場合においても、高精度の圧力を得ることができる。そのためベテラン作業者の経験則や外的要因による設定値の変更作業などが不要となり、設備の自動化に貢献できる。

また、圧力指令や圧力センサの入力は、電圧信号(0-5V、1-5V)に比べ、ノイズの影響の少ない電流信号(4-20mA)にも対応しており、耐ノイズ性が向上している。

4) Modbus/RTUによるデジタル通信への対応

デジタルコントロールアンプERD-20では産業用ネットワークEtherNet/IP™によるデジタル通信に対応している。

本機器では、筐体の小型化により、デジタルコントロールアンプERD-20に搭載されているLANポートを搭載していない。そこで、シンプルで使いやすく、多くの機器で使用されている産業用ネットワーク対応フィールドバスであるModbus/RTUによるデジタル通信に対応した。この対策により表1の「④指令時のノイズによる誤差と油圧力などの情報が取得できないこと」を解決している。

このデジタル通信によって、従来はアンプの制御や状態の把握のために個別に結線していたものがRS485(2線式)通信線で送受信が可能となり、図9に示すような入出力信号を全て配線2本だけで行なうことができるようになった。圧力や流量をデジタル値で指令可能となり、アナログ信号のノイズの影響を受けなくなる。また、電磁比例弁に流れている実際のソレノイド電流値、実際の圧力信号、異常発生時の状態などの油圧機器の様々な状態をモニタ可能となる。

このように様々な情報を伝達することができ、上位コントローラとシームレスな通信が可能のため、油圧機器のIoT化が実現可能となっている。

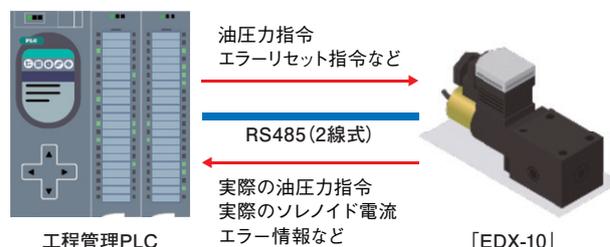


図9 Modbus/RTUを利用した信号の送受信

その上、Modbus/RTUに対応したPLCのラダー図を記述することで、動作状態のモニタやパラメータ設定を変更することが可能なため、工場のFA化に貢献することができる。(図10)

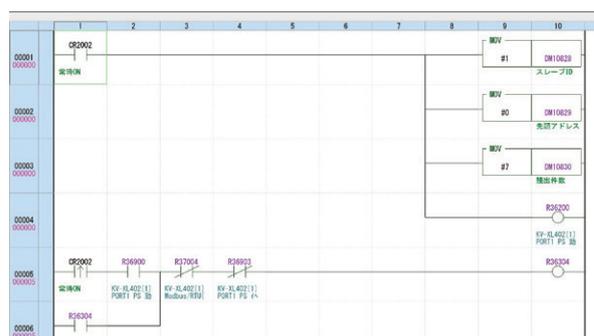


図10 PLCラダー図の記述例
(キーエンス社ラダープログラム編集ソフトKV STUDIOを使用²⁾)

5) 仕様

「EDX-10」の形式を図11、図12に外形寸法図、表2に仕様一覧を示す。

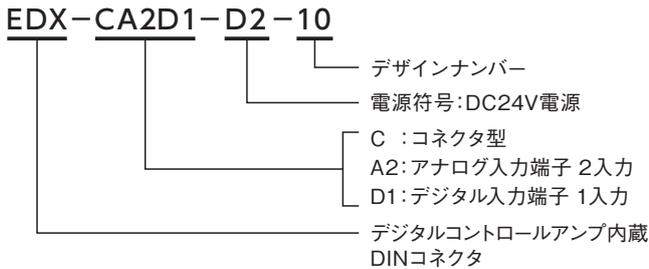


図11 形式

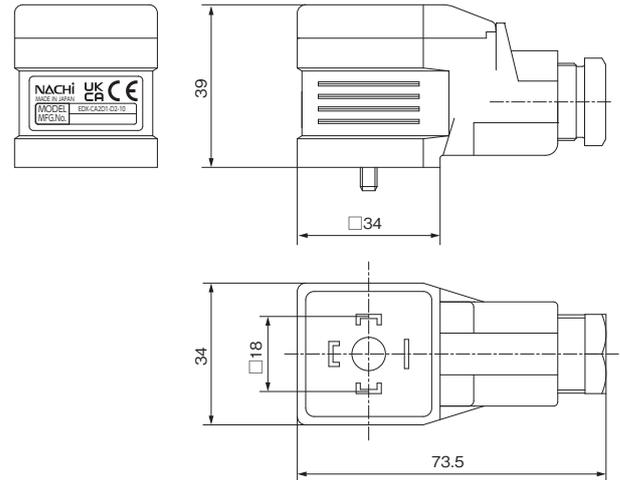


図12 外形寸法図

表2 仕様一覧

項目	仕様	
電源電圧／消費電流	DC24V(22~30V)／最大1.5A	
使用周囲温度／湿度	0~55℃／90%RH以下	
指令入力方法	アナログ入力	アナログ入力で最大1台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
	Modbus/RTU	Modbus/RTUにて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/DC0~5V/DC1~5V/4~20mA:1ch(シンク入力) 入力抵抗249Ω(入力電流4~20mA時)
	センサー入力端子	DC0~5V/DC1~5V/4~20mA:1ch(シンク入力) 入力抵抗249Ω(入力電流4~20mA時)
	デジタル入力	接点入力(Modbus/RTUとの共用不可):1ch(シンク入力)
出力信号	ソレノイド出力	0~1,000mA:1ch
	接点出力	シンク出力(Modbus/RTUとの共用不可):1ch
表示および、操作方法	PCソフトによる表示および、操作	
USB端子	USB Type C	
対応比例弁	圧力制御弁、流量制御弁	
海外安全規格対応	CEマーキング(自己宣言)、UKCA(自己宣言)	
取付規格	DIN EN 175301-803-A、ISO 4400	
防塵防水性	IP65 (ケーブル径や取付トルクなど、規定値内で使用し、NACHI電磁比例弁に付属のコネクタパッキンを使用した場合)	

4. おわりに

工作機械、成形機など油圧を利用している多くの機械分野での小型化や自動化のために、今後ますます油圧機器のデジタル化がすすんでいくと考えられる。今回紹介したデジタルコントロールアンプ内蔵DINコネクタは、そういった工作機械などの小型・省スペースな設計を推進していく上で重要なアイテムとなると考えている。

今後は、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

※1 EtherNet/IP™
ODVAの登録商標または商標。

※2 Modbus
Modicon Inc.(Schneider Automation International) の登録商標
または商標。

参考文献

- 1) 前原 貴裕: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」、NACHI TECHNICAL REPORT Vol.39
- 2) キーエンス社:ラダープログラム編集ソフトKV STUDIO Ver.11 ユーザーズマニュアル