

1. 微步進伺服驅動器研製

張錠玉 副教授、蔡仁平
大華技術學院 電子工程系

摘要

步進電機採多極立體結構，俱高精確度之定位性能，常應用於辦公室或工廠自動化設備中。然而步進電機受限於加工精度，於運轉時易受參數變化影響，產生共振造成失步。本產學合作成果提出一電流控制微步進伺服驅動器來克服步進電機之共振失步問題，此電流控制微步進伺服驅動器採強韌電流迴路控制技術，驅動器直接控制電機磁場，可改善步進電機之共振失步現象，同時採高電壓驅動，可提供伺服系統寬廣的轉速與轉矩輸出。另外，在驅動器中，吾人採用分流器電流量測，將量測時序與脈寬調變時序，整合於控制電路中，易於驅動器之積體電路化生產製造，有助於降低生產成本。除此之外為使用方便，計畫中亦開發出一75V、2A的電源供應器以配合驅動器使用，此電源供應器使用整合式高壓積體電路設計，體積小、效率高。兩者搭配之產業應用實例驗證本研發成果。

一、簡介

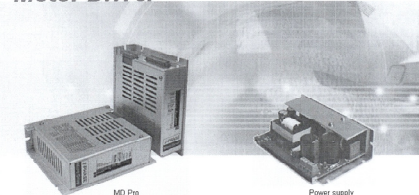
步進電動機之應用有很長的歷史，例如在1930年英國海軍即將一雙方向性之步進電機使用於一遙控定位系統中，此系統後來在二次世界大戰時亦被美國海軍使用，自從那時候開始，步進電動機即廣泛地應用於控制系統中。步進電動機是一種增量型電磁致動裝置，可將數位脈波信號轉換成類比運動輸出，在辦公室自動化設備與工廠自動化中廣泛使用。一般使用之步進電動機中，混合式步進電動機在轉子上充磁，運轉效率優於其他純磁阻轉矩型的步進電動機，是產業界使用最普遍的步進電動機。

就學理而言，混合式步進電動機是採立體結構之多磁極、凸極、兩相同步電動機，由於多磁極設計，混合式步進電動機適於低轉速控制應用。在低速應用產業中，混合式步進電動機明顯地優於傳統之感應或同步電動機。對於此產業需求，本校與群真科技股份有限公司合作開發一電流控制之微步進伺服驅動器，此電流控制微步進伺服驅動器採強韌電流迴路控制技術，驅動器直接控制電機磁場，可改善步進電機之共振失步現象，同時採高電壓驅動，可提供伺服系統寬廣的轉速與轉矩輸出。另外，在驅動器中，吾人採用分流器電流量測，將量測時序與脈寬調變時序，整合於控制電路中，易於驅動器之積體化製造，可降低生產成本。除此之外為驅動器之使用方便性，吾人亦開發一75V、2A的電源供應器，以供驅動器使用，此電源供應器使用整合式高壓積體電路設計，體積小、效率高，與驅動器搭配使用可提高產品使用時之準確與可靠性。產業應用實例，驗證本研究之可行性。

二、研發成果

研發成果功能規格如廠商之型錄說明如圖一、二所示，圖一是本研發產品外觀、特色與規格說明，而圖二則為介面端點之接線的應用例說明。

2 Phase Microstepping Motor Driver



DC24-75V Power Input
1.0 ~ 5.7A_{max} Output
200 ~ 51200 S/R

MD Pro Power supply

All stepping motors are subject to resonance and loss of synchronism problems which make users to select for motor's frequency carefully. They even use higher level motors to avoid some uncertain status, which caused by resonance. MD Pro Microstepping driver use pioneer electronic damping circuitry to reduce parametric resonance of motor by reducing noise and heat consumption of motor, it could transform motor magnetic force to holding torque effectively and help motor full capability performance. Especially for some inefficient performance stepping motors, MD Pro provide 3rd Harmonic to modify waveform of driving output current. MD Pro Microstepping driver bring you great faith for stepping motors!

SPECIFICATIONS	
Name / Model	2-Ph. Microstepping Motor Driver / MD Pro
Power Input	DC24-75V@2A
Driving Current	1.0A-5.7A _{max} (1.4A ~ 3.0A _{max})
Driving Method	Bipolar torque with constant current drive
Step Resolution	200, 400, 800, 1600, 3200, 5000, 6400, 10000, 12500, 20000, 25000, 32000, 50000, 50000, 51200
Control Mode	1 Pulse(1P) / 2 Pulse(2P)
Current Error	±0.5%
Step Rate	2.0k Hz
Pulse Width	300ns (Min)
Response Time	2us (Max)
Input Signal	L: 0 ~ 0.6V H: 1.4 ~ 10V, < 30mA
Output Signal	Open Collector, 24V, 15mA (Max)
Protections	Overheat, Short Circuit, Low Voltage
Noise Isolation	Photo-Coupler
Connection	Detachable Screw Terminal
Operating Temp.	0 ~ +40°C
Operating Humidity	< 85% RH
Dimension (mm)	150(L) × 140(W) × 45(H)
Weight	750g

Specification subject to change without prior notice.

FEATURES

- Improves the smoothness of stepping system
- High resolution to 51200 steps/revolution
- Minimizes stall condition
- Increases usable torque
- Higher accelerations
- Optimizes motor performance
- Selectable waveform shaping
- Reduces audible noise and motor heating
- LED indicators display rotating status
- Photo coupler I/P to improve the operating speed
- Detachable screw terminals
- Microstepping drives a variety of 2 phase motors

圖一、微步進伺服驅動器型錄功能說明

DC24-75V Power Input
1.0 ~ 5.7A_{max} Output
200 ~ 51200 S/R

CONNECTIONS

I/O SIGNAL INTERFACE

OPTION — Power Supply

SPECIFICATIONS	
Name / Model	AC/DC Power Supply / PS1
Input	Universal Input AC90-264V
Output	DC72V
Max. Output Current	2.1A (Continuous)
Protection	Overheat protection
Dimension (mm)	150(L) × 100(W) × 40(H)
Weight	400g

Specification subject to change without prior notice.

圖二、微步進伺服驅動器介面接線應用說明

三、検証應用實例

為測試研發成品性能，吾人將其應用在日立NP-04M印刷機上，由測試結果數據以驗證研發驅動器性能。測試方式如圖三，其中圖三(a)是測試條件說明，圖三(b)為實際印刷電路板測試位置照片說明，而圖三(c)則為連續印刷精度測試方法示意說明。印刷機進行百萬次測試後，其中誤差最大之三十五次，量測數值整理記錄於圖四表中，對應圖三(c)之測定方法測定點A與B，統計數值得最大誤差分別為0.005mm、0.005mm、0.005mm和0.001mm，標準偏差分別為0.0014mm、0.0015mm、0.0013mm和0.0026mm，而六倍標準偏差分別為0.0084mm、0.0090mm、0.0078mm和0.0156mm。印刷位置精度分佈整理如圖五所示。

印刷条件と測定機

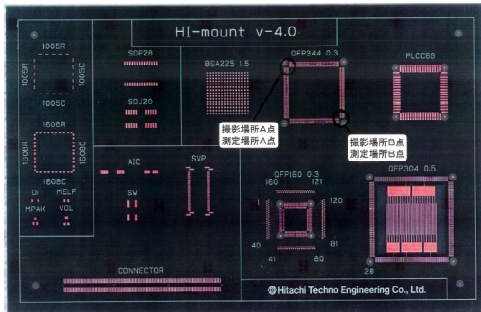
□印刷機 : 型式 NP-04M

□印刷条件 : 当社の評価基板[250L×158w×1.6t]

印圧[1.2Kg/Cm²]
 スキージ速度[25mm/Sec]
 版離れ測定[0.35mm/Sec]
 メタルマスク[EF500日立テクノ製]
 印刷撮影部位: 0.3mmピッチ部

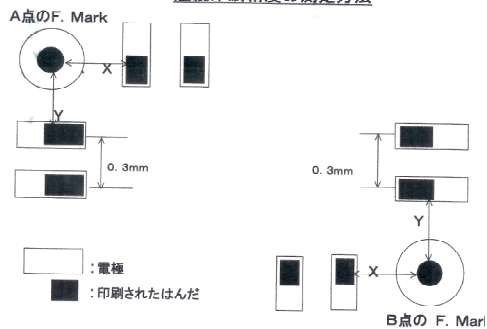
□測定機 : 重量[ELECTRONIC BALANCE / Shimadzu製]
 写真記録[HI-SCOPE KH2400 / Hirox製]

(a)



(b)

連続印刷精度の測定方法



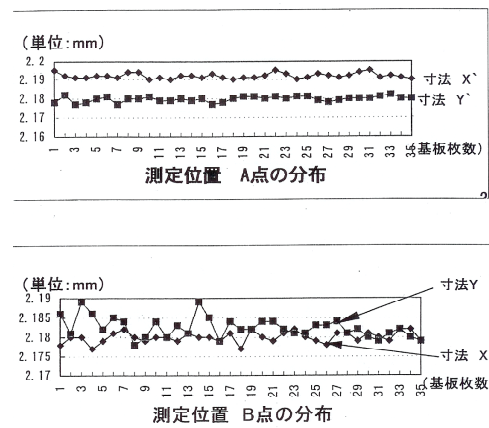
圖三、測試說明

35枚印刷位置精度測定値 (単位:mm)

印刷枚数	測定位置 A点		測定位置 B点	
	寸法 X'	寸法 Y'	寸法 X	寸法 Y
1	2.195	2.178	2.178	2.186
2	2.192	2.182	2.182	2.181
3	2.191	2.177	2.180	2.189
4	2.191	2.178	2.177	2.186
5	2.192	2.180	2.179	2.182
6	2.192	2.181	2.181	2.185
7	2.191	2.177	2.182	2.184
8	2.194	2.180	2.180	2.178
9	2.194	2.180	2.179	2.180
10	2.190	2.181	2.180	2.184
11	2.191	2.179	2.180	2.180
12	2.190	2.179	2.179	2.183
13	2.192	2.180	2.181	2.181
14	2.192	2.179	2.180	2.189
15	2.191	2.180	2.180	2.185
16	2.193	2.177	2.179	2.179
17	2.191	2.178	2.181	2.184
18	2.190	2.180	2.177	2.182
19	2.191	2.181	2.182	2.182
20	2.191	2.181	2.180	2.184
21	2.192	2.180	2.179	2.184
22	2.195	2.181	2.181	2.182
23	2.193	2.180	2.182	2.181
24	2.190	2.181	2.180	2.181
25	2.191	2.181	2.179	2.183
26	2.193	2.179	2.178	2.183
27	2.192	2.178	2.181	2.184
28	2.191	2.179	2.181	2.181
29	2.192	2.180	2.179	2.182
30	2.194	2.180	2.181	2.180
31	2.195	2.180	2.180	2.179
32	2.191	2.181	2.179	2.181
33	2.192	2.182	2.182	2.182
34	2.191	2.180	2.182	2.180
35	2.190	2.180	2.179	2.179
MAX	2.195	2.182	2.182	2.189
MIN	2.190	2.177	2.177	2.179
MAX-MIN	0.005	0.005	0.005	0.010
平均値	2.192	2.179	2.180	2.182
標準偏差 σ	0.0014	0.0015	0.0013	0.0026
6σ	0.0084	0.0090	0.0078	0.0156

圖四、量測數值整理記錄

印刷位置精度分布



圖五、印刷位置精度分佈圖

四、結論

本産学合作計畫設計出一電流控制微步進伺服驅動器來克服步進電機之共振失步現象，此電流控制微步進伺服驅動器採強韌電流迴路控制技術，驅動器直接控制電機磁場，可改善步進電機之共振失步現象，同時採高電壓驅動，可提供伺服系統寬廣的轉速與轉矩輸出。另外，在驅動器中，吾人採用分流器電流量測，將量測時序與脈寬調變時序，整合於控制電路中，易於驅動器電路之積體化製造，可降低生產成本。除此之外為使用方便，計畫中亦開發出一75V、2A的電源供應器以配合驅動器使用，此電源供應器使用整合式高壓積體電路設計，體積小、效率高。兩者搭配之產業應用實例驗證本研發成果。

參考文獻

- [1] J. D. Wale and C. Pollock, "A low-cost sensorless technique for load torque estimation in a hybrid stepping motor," IEEE Trans. On Industrial Electronics, vol. 46, no. 4, August 1999.
- [2] P. Crnosija, B. Kuzmanovic, and S. Ajdukovic, "Microcomputer implementation of optimal algorithm for closed-loop control of hybrid stepper motor drives," IEEE Trans. On Industrial Electronics, vol. 47, no. 6, December 2000.
- [3] A. Flammini, D. Marioli and A. Taroni, "A low-cost diagnostic tool for stepping motors," IEEE Trans. On Instrumentation and measurement, vol. 50, no. 1, February 2001.
- [4] P. Krishnamurthy and F. Khorrami, "Adaptive control of stpper motor without current measurements," Proceeding of the American Control Conference, Arlington, VA June 25-27, 2001.