

**ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP**  
-----

**LÝ THANH MINH**

**THIẾT KẾ, CHẾ TẠO VÀ THỬ NGHIỆM  
THIẾT BỊ ĐO BIÊN DẠNG THEO NGUYÊN TẮC  
SỐ HÓA KIỂU ROBOT**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT**

**CHUYÊN NGÀNH  
CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO MÁY**

**NGƯỜI HD KHOA HỌC: PGS.TS.PHẠM THÀNH LONG**

*Thái Nguyên tháng 12 năm 2015*

ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP

-----  
**LÝ THANH MINH**

**THIẾT KẾ, CHẾ TẠO VÀ THỬ NGHIỆM  
THIẾT BỊ ĐO BIÊN DẠNG THEO NGUYÊN TẮC  
SỐ HÓA KIỂU ROBOT**

**CHUYÊN NGÀNH  
CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO MÁY**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT**

**KHOA CHUYÊN MÔN      NGƯỜI HD KHOA HỌC  
TRƯỞNG KHOA**

**PHÒNG ĐÀO TẠO**

*Thái Nguyên, tháng 12-2015*

## LỜI CẢM ƠN

Trong thời gian học và làm đề tài thạc sỹ, em đã nhận được sự truyền đạt về kiến thức, phương pháp tư duy, phương pháp luận của các giảng viên trong trường. Sự quan tâm rất lớn của Nhà trường, khoa Cơ khí, các thầy cô giáo trường Đại Học Kỹ thuật Công Nghiệp Thái Nguyên và các bạn cùng lớp.

Em xin chân thành cảm ơn Ban giám hiệu, khoa Đào tạo Sau đại học, các thầy cô giáo tham gia giảng dạy đã tận tình hướng dẫn tạo điều kiện để em hoàn thành luận văn này.

Em xin bày tỏ lời cảm ơn chân thành nhất đến PGS.TS. Phạm Thành Long và tập thể cán bộ giảng viên Bộ môn Cơ điện tử, Hội đồng bảo vệ đề cương thạc sỹ khóa K15 CTM đã cho những chỉ dẫn quý báu để em hoàn thành luận văn này.

Em cũng xin chân thành cảm ơn ý kiến đóng góp của các của bạn đồng nghiệp của Phòng Cơ điện và sự giúp đỡ nhiệt tình của Phân xưởng A2 Công ty TNHH MTV Cơ khí hóa chất 13 đã phối hợp gia công thiết bị. Các đồng nghiệp của Công ty Tự động hóa Tâm Phát đã phối hợp với em trong xây dựng phần mềm của thiết bị.

Mặc dù đã cố gắng song do kiến thức và kinh nghiệm còn hạn chế nên chắc chắn luận văn không tránh khỏi những thiếu sót, em rất mong muốn sẽ nhận được những chỉ dẫn từ các thầy cô giáo và các bạn đồng nghiệp để luận văn được hoàn thiện và có ý nghĩa hơn nữa trong thực tiễn.

*Xin chân thành cảm ơn!*

**HỌC VIÊN**

**Lý Thanh Minh**

## MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN.....	i
LỜI CẢM ƠN.....	iii
MỤC LỤC .....	iv
DANH MỤC CÁC THUẬT NGỮ, KÝ HIỆU, CÁC TỪ VIẾT TẮT.....	vii
DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ ĐỒ THỊ .....	viii
DANH MỤC CÁC BẢNG BIỂU.....	x
MỞ ĐẦU .....	1
1. Lý do chọn đề tài.....	1
2. Phạm vi nghiên cứu của đề tài .....	3
3. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài .....	4
a) Ý nghĩa khoa học .....	4
b) Ý nghĩa thực tiễn.....	4
4. Phương pháp và phương pháp luận.....	4
a) Phương pháp nghiên cứu.....	4
b) Phương pháp luận .....	5
5. Nội dung của đề tài .....	5
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ SẢN XUẤT THEO KỸ THUẬT NGƯỢC.....	6
1.1 Thiết kế ngược và sản xuất theo kỹ thuật ngược .....	6
1.2 Một số kỹ thuật và thiết bị đo lường hiện đại trong thiết kế ngược.....	10
1.3 Một số nghiên cứu ở Việt Nam có liên quan đến đề tài .....	13
1.4 Phạm vi nghiên cứu của đề tài .....	14
1.5 Kết luận chương 1 .....	14
CHƯƠNG 2: THIẾT KẾ MÁY .....	16
2.1 Xác định đặc tính kỹ thuật của máy.....	16
2.1.1 Khái quát các đặc điểm của họ chi tiết cần đo .....	16
2.1.2 Đặc tính kỹ thuật của máy đo.....	17
2.2 Cơ sở thiết kế .....	18
2.2.1 Sơ đồ chuyển đổi tọa độ điểm giữa các không gian .....	18
2.2.2 Bài toán ngược về độ phân giải của Encoder (số xung /1 vòng quay) .....	20
2.2.3 Xác định sơ bộ sơ đồ động học máy đo .....	29

2.2.4	Xác định sơ đồ liên kết cơ điện tử.....	29
2.3	Phương pháp tính tọa độ điểm đo của máy theo phương pháp hình học.....	31
2.3.1	Xác định tọa độ khởi điểm của đầu đo (khi set $X, Y: 0,0$ ).....	31
2.3.2	Xác định tọa độ của đầu đo tại vị trí thứ $i$ .....	33
2.3.3	Độ phân giải hai điểm đo liên tiếp.....	34
2.4	Lựa chọn kiểu đầu đo, chuẩn định chi tiết đo.....	35
2.4.1	Lựa chọn kiểu đầu đo.....	36
2.4.2	Chuẩn định vị chi tiết đo.....	37
2.5	Kiểm định thông số của thiết bị bị đo theo phương pháp hình học và mô hình tính toán để làm cơ sở xây dựng phần mềm xác định tọa độ điểm đo. ....	37
2.5.1	Kết quả tính các thông số thiết bị khi set $(0,0)$ ( trên Excel). ....	39
2.5.2	Kết quả tính độ phân giải của thiết bị tại vị trí B1.....	40
2.5.3	Kết quả tính độ phân giải của thiết bị tại vị trí B2.....	43
2.5.4	Kết quả tính độ phân giải của thiết bị tại vị trí B3.....	46
2.5.5	Kết quả tính độ phân giải của thiết bị tại vị trí B4.....	49
2.5.6	Lựa chọn dung sai các chiều dài khâu và dung sai đường kính đầu đo khi nhập vào phần mềm của máy đo.....	53
2.5.7	Ảnh hưởng số xung của Encoder đến độ phân giải của tính bị.....	56
2.5.8	Cấu hình phần cứng của máy.....	57
2.6	Phần mềm của máy.....	57
2.6.1	Mục tiêu của phần mềm.....	57
2.6.2	Xác định sai số bằng phương pháp nội suy sử dụng hàm định dạng.....	57
2.6.3	Chế thử, nghiên cứu xác định mẫu mực thiết kế phần mềm.....	62
2.6.4	Phân tích kết quả đo, các giải pháp hồi quy profin đo, giải pháp về sai số.....	63
2.7	Lựa chọn các chi tiết khác của máy đo.....	70
2.7.1	Ổ lăn:.....	70
2.7.2	Thông số của các linh kiện điện tử.....	76
2.8	Bản vẽ chế tạo sản phẩm.....	78
2.9	Hướng dẫn sử dụng.....	78
<b>CHƯƠNG 3: ĐO VÀ ĐÁNH GIÁ SỐ LIỆU THỰC NGHIỆM.....</b>		<b>80</b>
3.1	Nội dung đánh giá, thiết bị đánh giá.....	80

3.1.1	Đánh giá “độ chính xác lặp lại phép đo” của máy.....	80
3.1.2	Đánh giá “sai số tương đối theo đường kính” so với phương pháp đo hiện đang áp dụng tại cơ sở (Công ty TNHH MTV Cơ khí hóa chất 13).....	80
3.1.3	Thiết bị đánh giá.....	81
3.2	Kết quả đánh giá “độ chính xác lặp lại phép đo” bằng phương pháp Quy hoạch thực nghiệm .....	83
3.2.1	Xác định số lần đo.....	83
3.2.2	Kết quả đo .....	83
3.3	Kết quả đánh giá “sai số tương đối theo đường kính” .....	87
	<b>CHƯƠNG 4: KẾT LUẬN</b> .....	88
4.1	Kết luận.....	88
4.2	Kiến nghị .....	88
	<b>CÁC TÀI LIỆU ĐÍNH KÈM</b>	
	- Hướng dẫn sử dụng.	
	- Code Printed PLC.	
	- Code Printed PC.	
	- Bản vẽ chế tạo sản phẩm.	
	- Kết quả đo của phòng LAB.	
	- Bài báo đăng trên Tạp chí Khoa học Việt Nam " Thiết kế, chế tạo và ứng dụng máy đo PCMM kiểu ROBOT".	

## DANH MỤC CÁC THUẬT NGỮ, KÝ HIỆU, CÁC TỪ VIẾT TẮT

<b>TT</b>	<b>KÍ HIỆU</b>	<b>DIỄN GIẢI NỘI DUNG ĐẦY ĐỦ</b>	<b>ĐƠN VỊ</b>
1	PCMM	Portable Coodianate Measure Machine	
2	CMM	Coodianate Measure Machine	
3	PLC	Programable Logic Control	
4	NC	Numerical Control	
5	CNC	Computer Numerical Control	
6	RE	Reverse Engineering	
7	CAD	Computer Aided Design	
8	CAM	Computer Aided Manufacturing	
9	CIM	Computer Integrated Manufacturing	
10	FE	Forward Engineering	
11	DH	Denavit Haternbeg	
12	3D	3 Direction	
13	$x(t)$	Quỹ đạo đầu đo trong không gian công tác	
14	$q(t)$	Quỹ đạo đầu đo trong không gian khớp	
15	$q_i$	Biến khớp thứ (i)	

## DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ ĐỒ THỊ

Hình 1: Sơ đồ hóa mô hình thiết kế từ mẫu đến triển khai các bước công nghệ .....	1
Hình 2: Sơ đồ hóa mô hình các bước thiết kế thử nghiệm chày dập (vuốt) cho một chặng công nghệ cụ thể .....	2
Hình 1.1: Minh họa quy trình sản xuất ngược .....	9
Hình 1.2: Rapidform - phần mềm hàng đầu trong thiết kế ngược .....	9
Hình 1.3: Quét 3D với các điểm đánh dấu trên bề mặt.....	10
Hình 1.4: Quét laser không tiếp xúc.....	10
Hình 1.5: Robot PCMM và hệ thống công nghệ.....	11
Hình 1.6: Máy CMM để bàn kiểu shop floor.....	11
Hình 1.7: Máy CMM cấu trúc dạng khung.....	11
Hình 1.8: Máy CMM cấu trúc đứng.....	12
Hình 1.9: Một số kiểu đầu đo khác nhau của máy CMM .....	12
Hình 2.1: Mặt hypeboloid tròn xoay .....	16
Hình 2.2: Sơ đồ hệ thống công nghệ và sơ đồ chuyển đổi tọa độ.....	18
Hình 2.3: Sơ đồ động học xác định độ phân giải của Encoder .....	20
Hình 2.4: Chuyển động với bước bé nhất của đầu đo giữa hai điểm trong không gian .....	22
Hình 2.5: Vùng làm việc của máy.....	24
Hình 2.6: Sơ đồ chia lưới khảo sát lựa chọn Encoder.....	24
Hình 2.7: Bước dịch chuyển nhỏ nhất mà đầu đo phát hiện xung quanh điểm khảo sát.....	25
Hình 2.8: Sơ đồ động học máy đo.....	29
Hình 2.9: Sơ đồ mô tả thực hiện quá trình đo. ....	30
Hình 2.10: Sơ đồ liên kết Cơ - Điện tử của máy đo.....	31
Hình 2.11: Sơ đồ tính tọa độ đo khởi điểm (điểm set 0,0).....	32
Hình 2.12: Sơ đồ tính tọa độ của điểm đo.....	33
Hình 2.13: Sơ đồ tính độ phân giải giữa hai điểm đo liên tiếp .....	35
Hình 2.14: Mô hình động học khi sử dụng đầu đo hình cầu.....	36
Hình 2.15: Các dạng sai số do giá chi tiết xảy ra trong trường hợp sử dụng đầu đo cầu .....	36
Hình 2.16: Mô hình động học khi sử dụng đầu đo hình trụ.....	37
Hình 2.17: Không xuất hiện các dạng sai số do giá chi tiết xảy ra trong trường.....	37
Hình 2.18: Không gian làm việc của máy đo.....	38
Hình 2.19: Sơ đồ tính các thông số ban đầu của.....	39
Hình 2.20: Sơ đồ tính độ phân giải tại điểm B1.....	40



Hình 2.21: Sơ đồ tính độ phân giải tại điểm B2.....	43
Hình 2.22: Sơ đồ tính độ phân giải tại điểm B3.....	46
Hình 2.23: Sơ đồ tính độ phân giải tại điểm B4.....	49
Hình 2.24: Các dạng sai số chế tạo khâu robot.....	58
Hình 2.25: a. Sơ đồ chia lưới không gian công tác trên mặt chiếu đứng và chiếu bằng.....	61
Hình 2.26: Sơ đồ mô phỏng điểm đo.....	62
Hình 2.27: Sơ đồ mô phỏng biên dạng đo đã được hồi quy (làm mịn).....	63
Hình 2.28: Sự khác nhau của phân tử nội suy khi mật độ điểm mẫu khác nhau....	64
Hình 2.29: Biên dạng phóng đại nhận được qua phép đo tiếp xúc.....	65
Hình 2.30: Kết quả đo ban đầu chưa qua xử lý.....	66
Hình 2.31: Kết quả đo xử lý 3 vòng lặp (đen – đỏ - xanh).....	66
Hình 2.32: Biên dạng đã xử lý hoàn thiện với 1000 vòng lặp (đường pline màu đỏ).....	67
Hình 2.33: Sơ đồ lấy trung bình tọa độ đo.....	67
Hình 2.34: Sơ đồ giải thuật lấy tọa độ điểm trung bình khi mịn hóa.....	68
Hình 2.35: Cài bổ sung các file công cụ vào excel.....	69
Hình 2.36: Giao diện add in ứng dụng didg.xla vào excel.....	70
Hình 2.37: Giao diện của file LamMinBienDang.....	70
Hình 2.38: Cách sử dụng kết quả tính toán dung sai.....	71
Hình 2.39: 6 điểm xê dịch cho phép của khâu cuối trong phạm vi mặt cầu giới hạn sai số.....	72
Hình 2.40: Khe hở hướng kính: $\delta$ ; khe hở dọc trục: $\delta_1+\delta_2$ .....	74
Hình 2.41: Encoder E40S6 -5000 - 3 - T -24.....	77
Hình 2.42: PLC CP1L của Omron.....	77
Hình 2.43: Cổng chuyển đổi USB sang RS232.....	78
Hình 3.1: Máy phóng hình 50 lần JT3-D.....	82
Hình 3.2: Máy hiển vi vạn năng JX13B.....	83
Hình 3.3: Sơ đồ đo chi tiết dạng 1.....	84
Hình 3.4: Sơ đồ đo chi tiết dạng 2.....	85
Hình 3.5: Sơ đồ đo chi tiết dạng 3.....	86

## DANH MỤC CÁC BẢNG BIỂU

Bảng 2.1: Kết quả tính toán cảm biến bằng phương pháp số trong miền làm việc	25
Bảng 2.2: lọc các cực theo yêu cầu .....	29
Bảng 2.3: Các thông số của thiết bị.....	38
Bảng 2.4: Bảng tính các thông số ban đầu của thiết bị khi set 0,0 .....	39
Bảng 2.5: Các thông số của thiết bị tại vị trí đo B1.1 .....	41
Bảng 2.6: Bảng tính các thông số của đầu đo khi đo B1.1 + thêm 1 xung của E1.	42
Bảng 2.7: Các thông số của thiết bị tại vị trí đo B2.2 .....	44
Bảng 2.8: Bảng tính các thông số của đầu đo khi đo B2.2 + thêm 1 xung của E1.	45
Bảng 2.9: Các thông số của thiết bị tại vị trí đo B3.3 .....	47
Bảng 2.10: Bảng tính các thông số của đầu đo khi đo B3.3 + thêm 1 xung của E148	48
Bảng 2.11: Các thông số của thiết bị tại vị trí đo B4.4 .....	50
Bảng 2.12: Bảng tính các thông số của đầu đo khi đo B4.4 + thêm 1 xung của E152	52
Bảng 2.13: Các thông số chính của thiết bị.....	53
Bảng 2.14: Các thông số của thiết bị với giá trị Max .....	54
Bảng 2.15: Các thông số của thiết bị tại vị trí đo B3.3 Max.....	54
Bảng 2.16 Các thông số của thiết bị với giá trị min.....	55
Bảng 2.17: Các thông số của thiết bị tại vị trí đo B3.3 Min .....	55
Bảng 2.18: Khoảng cách max từ điểm đo B3.3 đến góc 0,0.....	56
Bảng 2.19: Khoảng cách min từ điểm đo B3.3 đến góc 0,0 .....	56
Bảng 2.20: Bộ thông số kỹ thuật của máy .....	57
Bảng 2.21: Trích một đoạn biên dạng đo được dưới dạng text .....	63
Bảng 2.22: Bảng DH của tay đo PCMM hai khâu.....	71
Bảng 2.23: Kết quả khảo sát dung sai chiều dài khâu tại các điểm khác nhau theo GRG [3] .....	72
Bảng 2.24: Ký hiệu phụ về khe hở của vòng bi .....	75
Bảng 2.25: Radial internal clearances in deep groove ball bearings .....	76
Bảng 3.1: Bảng kết quả đo chi tiết dạng 1 .....	84
Bảng 3.2: Bảng kết quả đo chi tiết dạng 2 .....	85
Bảng 3.3: Bảng kết quả đo chi tiết dạng 3 .....	86