

TS. TRƯƠNG HỮU CHÍ
TS. VÕ THỊ RY

CƠ ĐIỆN TỬ

CÁC THÀNH PHẦN
CƠ BẢN

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT



TS. TRƯƠNG HỮU CHÍ
TS. VÔ THỊ RY

CƠ ĐIỆN TỬ, CÁC PHẦN TỬ CƠ BẢN

(In lần thứ hai)

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

Hà Nội - 2005

LỜI NÓI ĐẦU

(Cho lần in thứ hai)

Cơ điện tử là một trong 06 ngành công nghệ mũi nhọn của thế kỷ 21. Ở Việt Nam trong vòng 10 năm trở lại đây và đặc biệt trong những năm tới xuất hiện nhu cầu lớn về đào tạo nhân lực trình độ đại học và sau đại học ngành cơ điện tử. Nhằm đáp ứng nhu cầu của thực tế về nghiên cứu, sản xuất sản phẩm cơ điện tử trên cơ sở năng lực và kinh nghiệm qua những năm chuyển đổi từ cơ khí truyền thống sang cơ điện tử, Viện Máy và Dụng cụ (IMI) đã chuẩn bị một chương trình khung cho việc đào tạo đại học ngành cơ điện tử để đào tạo lại các kỹ sư của Viện đã tốt nghiệp tại các trường đại học kỹ thuật trong nước và đào tạo sinh viên đại học trong tương lai.

Quyển “Cơ điện tử – các thành phần cơ bản” nằm trong loạt sách về cơ điện tử được biên soạn bởi các cán bộ khoa học trong nhóm biên soạn giáo trình cho bộ môn “Cơ điện tử” của IMI. Đã gần một năm kể từ khi ra mắt bạn đọc quyển “Cơ điện tử – các thành phần cơ bản”, nhóm tác giả đã nhận được những ý kiến đóng góp quý báu của bạn đọc. Chúng tôi đang biên soạn những tập tiếp theo của ngành Cơ điện tử, dự định trong tháng 2/2005 tập “Cơ điện tử-hệ thống trong chế tạo máy” sẽ được giới thiệu với bạn đọc.

Vì thời gian hạn hẹp nên lần tái bản này, mặc dù đã cập nhật một số nội dung và sửa chữa một số khiếm khuyết trong biên soạn lần đầu, chúng tôi chắc rằng vẫn còn thiếu sót. Chúng tôi xin chân thành cảm ơn bạn đọc và mong nhận được những ý kiến đóng góp tiếp tục để tài liệu được hoàn chỉnh trong lần tái bản sau.

Những ý kiến đóng góp xin gửi về: Viện Máy và Dụng cụ công nghiệp, 46 Láng Hạ, Đống Đa, Hà Nội.

Các tác giả

CHƯƠNG 1. KHÁI NIỆM VỀ CƠ ĐIỆN TỬ

1.1. LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN CƠ ĐIỆN TỬ

Cơ điện tử là thuật ngữ chỉ lĩnh vực khoa học công nghệ giao nhau giữa cơ khí với kỹ thuật điện-điện tử, điều khiển hệ thống và công nghệ thông tin.

Từ cơ điện tử, tiếng Anh “Mechatronics” được viết tắt của từ ghép giữa Mechanics và Electronics, được người Nhật sử dụng đầu tiên vào năm 1975 [1] trong việc điều khiển động cơ điện bằng máy tính. Thuật ngữ này sau đó trở nên phổ thông ở Nhật và nhanh chóng được nhiều nước trên thế giới sử dụng khi các linh kiện điện tử và tiếp theo là máy tính được sử dụng ngày càng nhiều trong điều khiển thiết bị, đặc biệt trong các hệ thống sản xuất.

Tác nhân chính dẫn đến việc cơ điện tử thành thuật ngữ phổ thông là khi nhu cầu về một bộ môn đào tạo riêng biệt, độc lập bất ngờ được hình thành dựa trên khả năng sử dụng năng lực máy tính và thiết bị điều khiển số không quá đắt, lưu hành tương đối sẵn trong các viện nghiên cứu và các trường đại học. Sự phát triển linh kiện thiết bị điện tử số và khoa học máy tính trong những năm 75÷ 80 đẩy nhanh đáng kể khả năng áp dụng chúng trong những dự án công nghệ và sản xuất. Trong khoảng thời gian này các viện nghiên cứu và các nhà công nghiệp đã nhận thức ra sự cần thiết đào tạo lại cho các kỹ sư cơ khí về các vấn đề của ngành đa công nghệ này. Đã gần 25 năm trôi qua kể từ khi thuật ngữ cơ điện tử được xem xét như là sự tích hợp của kỹ thuật cơ khí, điện và điện tử, thì hiện nay, thuật ngữ này vẫn là một khái niệm tiến triển không ngừng, nó có cả nghĩa chung lẫn nghĩa riêng để sử dụng.

Rất nhiều người có quan điểm “cơ điện tử” là lĩnh vực đa công nghệ, phát triển trên cơ sở của ngành cơ khí truyền thống, kỹ thuật điện tử và tin học. Sau đây là một số định nghĩa về cơ điện tử của một số cơ quan tổ chức:

- Cơ điện tử là sự kết hợp của kỹ thuật cơ khí, điều khiển điện tử và kỹ thuật hệ thống trong thiết kế sản phẩm và quá trình (theo Nanyang Politechnic Singapore).
- Cơ điện tử là sự kết hợp đồng vận của kỹ thuật cơ khí, điều khiển điện tử và tự động hệ thống trong thiết kế sản phẩm và các quá trình sản xuất (theo Ủy ban Tư vấn Phát triển và Nghiên cứu Công nghiệp châu Âu viết tắt IRDAC).

- Cơ điện tử là hệ thống thiết kế và chế tạo sản phẩm mà hệ thống đó có cả chức năng cơ khí và chức năng điều khiển thuật toán tích hợp (theo trang "Mechatronics Forum" ở w.w.w.)
- Cơ điện tử được xem xét như là các ứng dụng kỹ thuật đồng thời (concurrent engineering) vào thiết kế và tích hợp các hệ thống cơ-điện tử (theo trường Đại học Atlanta U.S.A).
- Hệ thống cơ điện tử là máy được tích hợp với các hệ thống được lập trình hoặc khả trình với sự nhận thức, hoạt động và truyền thông (theo Royal Institute of Technology- Thụy Điển).
- Cơ điện tử là sự kết hợp 3 công nghệ then chốt: cơ khí, điện và điều khiển (theo Louisiana State University U.S.A).
- Cơ điện tử là sự kết hợp giữa 4 mảng kiến thức: cơ khí, điện tử, điều khiển và máy tính (theo giáo sư Kevin Craig khoa Cơ khí và Kỹ thuật Hàng không của Đại học Rensselaer U.S.A).

Đa số các trường đại học của Anh, Đức, Áo, Úc đều thống nhất quan điểm cơ điện tử là sự phối hợp đồng vận của kỹ thuật cơ khí, điện tử và công nghệ thông tin.v.v.... Không có một giới hạn định nghĩa về thuật ngữ cơ điện tử. Về bản chất, việc ứng dụng cơ điện tử không phải là một cuộc cách mạng khoa học kỹ thuật. Đó là một sự tiến triển, ứng dụng kỹ thuật mới nhất của khoa học cơ khí chính xác, lý thuyết điều khiển, khoa học máy tính, điện và điện tử trong quá trình thiết kế để tạo nên những sản phẩm có khả năng tương thích cao với nhiều chức năng. Điều này đã được nhiều nhà thiết kế và kỹ sư nhìn thấy trước và đưa vào sản phẩm của mình do vậy thực chất các sản phẩm cơ điện tử đã tồn tại và phát triển trước khi có những quan điểm rõ ràng về chúng.

Theo dòng lịch sử, đa số các hệ thống sản xuất cũng như các sản phẩm hàng hoá được cơ khí hoá hoàn toàn khi có sự hiện diện của động cơ điện hoặc thủy lực trong kết cấu, đó là xuất phát điểm. Sự xuất hiện các linh kiện bán dẫn trong thập kỷ 50 và các máy tính điện tử số trong những năm 70 đã tạo nên những hệ thống nối ghép tương hỗ giữa kỹ thuật cơ khí với điện tử, điều khiển vi tính có tính đa ngành cao tiếp theo. Phần lớn các sản phẩm cơ điện tử trong thời kỳ này liên quan đến kỹ thuật servo, được sử dụng cho những sản phẩm như mở cửa tự động, máy bán hàng tự động, camera tự điều chỉnh tiêu cự v.v... Những sản phẩm cơ điện tử thế hệ này đã thể hiện được kết cấu đơn giản hơn trong cùng

chức năng nhờ việc sử dụng phương pháp điều khiển tiên tiến, phù hợp với cơ cấu chấp hành đơn giản.

Trong những năm 80, sự phát triển của công nghệ thông tin làm các kỹ sư nảy sinh và bắt đầu áp dụng các bộ vi xử lý vào các hệ thống cơ khí để cải thiện đặc tính của hệ thống. Máy công cụ, thiết bị điều khiển số và robot trở nên gọn hơn, trong khi các ứng dụng trong lĩnh vực xe 4 bánh như điều khiển động cơ điện tử và các bộ phanh an toàn trở nên phổ biến.

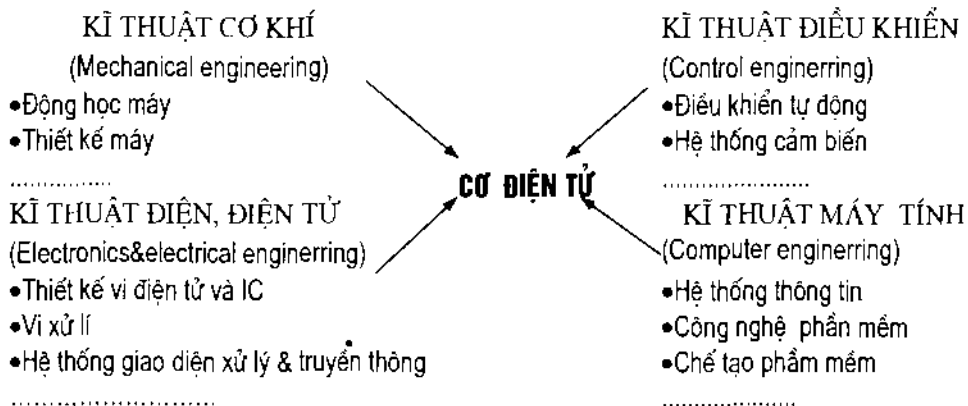
Còn ở thập kỷ 90, công nghệ truyền thông đã bổ sung vào cơ điện tử tính mềm dẻo, hỗn hợp: các sản phẩm có thể nối kết thành mạng lớn. Sự phát triển này tạo nên các chức năng như vận hành từ xa các cánh tay máy, điều khiển hệ thống sản xuất qua mạng, đặt hàng-thiết kế- tạo mẫu (prototype)- sản xuất trong một khoảng không gian vô cùng rộng v...v. Cùng thời gian những cảm biến mới nhỏ hơn, thậm chí siêu cực nhỏ và công nghệ mới về kích truyền động (actuator) được tăng cường trong các hệ thống sản phẩm mới. Các hệ thống cơ-điện tử siêu nhỏ (micromechatronics) mở xu hướng phát triển công nghệ siêu nhỏ (nano technology) trong thế kỷ 21.

Sự mở mang dự đoán được trong thiết kế, phát triển sản xuất, kỹ thuật tự động và sản phẩm tiêu dùng đã kích thích và thúc đẩy các nhà quản lý và các kỹ sư thiết kế, chế tạo, khai thác công nghệ cơ điện tử. Điều này đặt ra thách thức trong đào tạo về công nghệ cơ điện tử để có thể đáp ứng các nhu cầu trong ứng dụng tự động hoá trong các ngành công nghiệp kể cả công nghiệp tiêu dùng.

Về đào tạo, từ 1983 Viện Kỹ thuật Nhật Bản- Singapo đã đưa vào khoá đào tạo kỹ thuật cơ điện tử (mechatronics engineering) chương trình 2 năm để đào tạo lại kỹ sư cơ khí. Khoá giảng đầu tiên mang tên “Mechatronics” cho kỹ sư và học viên cao học (B.Eng/M.Eng) được thực hiện ở trường Đại học Lancaster (U.K) trong năm 1984/1985. Kể từ đó các khoá đào tạo về cơ điện tử bắt đầu phát triển mạnh ở tất cả các nước công nghiệp phát triển và đang phát triển. Cả những nước “con rồng mới” thuộc vùng châu Á -Thái Bình Dương cũng đã rất nhanh nhạy đưa ngành đào tạo mới này vào giảng dạy. Những năm đầu thập kỷ 90, 4 trường đại học bách khoa của Singapo có chương trình 3 năm đào tạo chính quy kỹ sư cơ điện tử. Trường đại học TUT-Nhật Bản là trường đại học duy nhất ở châu Á đưa cơ điện tử vào giảng dạy chính thức như là một khoa riêng của trường. Cùng thời gian đó, hầu hết sinh viên các khoa kỹ thuật ở các trường đại học khác ở Nhật đều được dạy các nguyên lý cơ bản của cơ điện tử và hướng

nghiên cứu trong lĩnh vực này. Ở trường Đại học Sidney Úc cũng đã có các khoá đào tạo và cấp bằng kỹ sư theo chuyên ngành cơ điện tử từ những năm đầu 90, tiếp theo không lâu là các trường đại học Curtin và New South Weles. Ở châu Âu, từ năm 1980 đã có các hoạt động có liên quan đến đào tạo cơ điện tử, nhưng khoá học chính thức về cơ điện tử trong trường đại học thì chỉ bắt đầu từ chương trình một năm cao học tại trường đại học Katholieke (Leuven –Bi) trong 1986 và đến 1989 trường này đã mở ngành đào tạo cơ điện tử. Năm 1989 Trung tâm Nghiên cứu cơ điện tử thuộc trường Đại học Twente (Hà Lan) được thành lập để phối hợp các chương trình nghiên cứu giảng dạy của nhà trường. Trong năm 1990 một loạt các trường đại học ở CHLB Đức, Đan Mạch, Hà Lan, Ireland (châu Âu) đưa cơ điện tử vào giảng dạy. Từ 1992-1996 Liên Minh Châu Âu đã tài trợ để thực hiện dự án TEMOUS đưa khoá học cơ điện tử vào giảng dạy tại các khoa cơ khí của các trường đại học: TU Brno, CTU, TU Plzeo, University Libre Bruxelles, University College Dublin, Johannes Kepler University Linz, Loughborough University of Technology, University Stuttgart.

Các trường đại học ở Anh giảng dạy cơ điện tử, bắt đầu từ Trường Lancaster, tiếp theo là các trường Đại học London, Surrey, Dundee, Hull, Brunel, Loughborough, Manchester và Leeds. Ở Bắc Mỹ mặc dù có rất nhiều trường đại học hoạt động trong lĩnh vực cơ điện tử, nhưng cho đến 1995 vẫn chưa xuất hiện những khoá giảng dạy mang tên “Cơ điện tử”. Đến nay hầu như tất cả các trường đại học kỹ thuật của Mỹ đều đã có khoa này. Tính đến 1999 trên thế giới có khoảng 90 trường đại học và viện nghiên cứu có đào tạo giảng dạy và nghiên cứu về cơ điện tử [3]. Nhìn chung, cơ điện tử được coi là một ngành tích hợp các đối



Hình 1.1. Các lĩnh vực đào tạo liên quan đến cơ điện tử

tượng cơ bản đang tồn tại của các bộ môn có liên quan theo hình thức khác với truyền thống phát triển hàm lâm một ngành học. Để đáp ứng là ngành da công nghệ, gắn với sự thay đổi trong cấu trúc chương trình giảng dạy hướng kỹ thuật (engineering), nhiều trường đại học theo đặc thù riêng của mình đã đưa ra những chương trình giảng dạy khác nhau, tuy nhiên phạm vi đào tạo liên quan đến cơ điện tử thường bao gồm 4 lĩnh vực thể hiện như hình 1.1. Ở đây, những vấn đề học thuật được coi là không thể thiếu được trong thiết kế sản phẩm và quy trình chế tạo sản phẩm là: khoa học máy tính, kỹ thuật kích truyền động cơ khí-thủy lực-khí nén -điện- điện tử, kỹ thuật điện- điện tử- vi điện tử, cảm biến, vật liệu, điều khiển và tự động hoá, động lực học và robot, CAD/CAM, CIM và cơ sở dữ liệu công nghiệp, v...v. Trong đó những chương trình giảng dạy được coi là cơ sở cho đào tạo cơ điện tử là thiết bị di động cơ điện (Electromechanical Motion Device), điện tử công suất (Power Electronics) và vi điện tử (Microelectronics), vi xử lý và giao diện (Microprocessor and Interfacing), các hệ thống cơ điện (Electromechanical Systems), nhập môn cơ điện tử (Introduction to Mechatronics), lý thuyết các hệ thống điều khiển và điều khiển các hệ cơ điện tử (Control systems Theory and Control of Mechatronic Systems), các hệ thống cơ điện tử và các cấu trúc thông minh (Mechatronic System and Smart Structures), các hệ thống cơ điện tử siêu nhỏ (Microelectromechanical Systems) và các hệ thống cơ điện tử nano (Nano electromechanical Systems).

1.2. SẢN PHẨM CƠ ĐIỆN TỬ

1.2.1. Tổng quan

Như vậy sự phát triển khoa học công nghệ kỹ thuật nhanh chóng cho phép sản phẩm, hệ thống công nghiệp tiến triển từ dạng cơ khí hoá thời kì đầu đến dạng tích hợp cơ- điện sau đó đến cơ điện tử -tự động cứng và ngày nay loại có tính năng thực hiện linh hoạt, thông minh (gọi tắt là sản phẩm cơ điện tử). Các sản phẩm **cơ điện tử** chỉ thật sự phát triển mạnh trong nền sản xuất công nghiệp và nền kinh tế hàng hoá cuối thế kỉ 20 và có mặt trong hầu hết các ngành kinh tế quốc dân như sinh học, y học, công nghiệp vũ trụ, công nghiệp sản xuất v...v. Từ những đồ dùng thường nhật như đầu CD, máy giặt, đầu video, máy ảnh tự động, máy photocopy, loại thiết bị khá linh động nhưng còn kém thông minh đến những sản phẩm thế hệ nhúng cảm biến thông minh để thu nhận các môi trường xung quanh theo thời gian thực, có các bảng mạch sử dụng các dữ liệu, cơ cấu

"học tập" để phát triển cơ sở kiến thức và các bộ kích hoạt "thông minh" để thực hiện các nhiệm vụ theo yêu cầu. Một số sản phẩm có khả năng như con người, ví dụ có thể nhận biết tốc độ, điều chỉnh tốc độ, nhận biết được các cử chỉ và "học bằng cách nhìn". Những sản phẩm này có thể sắp xếp theo thứ tự độ "thông minh" tăng dần như: các máy công cụ CNC, các trung tâm gia công, hệ thống công nghệ gia công linh hoạt (FMS), các máy công cụ thế hệ mới như máy gia công tốc độ cao (HSC), hexapod, các robot đào ngầm, người máy và những năm cuối của thế kỉ 20 là những hệ thống thiết bị "thông minh" siêu nhỏ v.v. Sự phát triển và tính nổi trội của cơ điện tử tạo cho các sản phẩm và hệ thống thực hiện tốt hơn, linh hoạt hơn, thông minh hơn trong chức năng và cả trong khả năng vận chuyển, giao tiếp truyền thông. Xu thế sản phẩm và hệ thống sản xuất theo hướng cơ điện tử đường như là không thể tránh khỏi trong thách thức của sự tiến bộ công nghệ kỹ thuật. Cơ điện tử cung cấp các giải pháp tất yếu để thoả mãn nhu cầu thị trường. Các sản phẩm cơ điện tử tiêu biểu cho thế hệ sản phẩm mới, có thể phân loại như sau.

1.2.2. Phân loại theo lĩnh vực sử dụng

Sau đây là một số ví dụ phân loại sản phẩm cơ điện tử theo lĩnh vực sử dụng:

Trong y học:

Các loại thiết bị cắt lớp; các thiết bị thí nghiệm về ADN, nhân bản phôi; các máy chiếu các loại tia chụp: X, lase, coban; các thiết bị mổ nội soi, v..v.

Trong công nghiệp:

Các loại máy công nghiệp tự động được điều khiển khiển theo chương trình, FMS (hệ thống công nghệ sản xuất linh hoạt), CAD-CAM, người máy, các hệ thống tự động, kho tàng tự động, công cụ vận chuyển thông minh, v..v.

Trong văn phòng:

Đây là hệ thống mạng công tác, có sử dụng máy tính (như hệ thông tin quản lí), các thiết bị văn phòng (máy tính, máy fax, máy in laser), v...v.

Trong sinh hoạt gia đình:

Hệ thống thông tin về nhà cửa, sản phẩm tiêu dùng (audio/ thiết bị nghe nhìn, máy giặt v...v.), hệ thống bảo vệ nhà cửa, các loại robot phục vụ, ô tô, gara ô tô tự động, v..v.

1.2.3. Phân loại theo kỹ thuật hệ thống

Sản phẩm đơn là những sản phẩm linh hoạt, thực hiện chức năng đúng một mình như máy CNC, thiết bị vận chuyển thông minh, vật gia dụng thông minh v.v.

Hệ thống tổ hợp các sản phẩm cơ điện tử trong quá trình có quan hệ cụ thể nào đó như:

- *Dây chuyền lắp ráp* đồng hồ, lắp vỏ hộp động cơ, đóng bao gói, v.v.
- *Dây chuyền sản xuất* ti vi, máy nén khí, v.v.

Hệ thống tích hợp: các sản phẩm cơ điện tử thành phần có quan hệ mật thiết như:

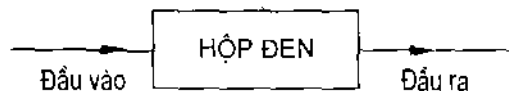
- *Tự động hoá sản xuất*: hệ thống gia công linh hoạt (FMS), hệ thống sản xuất tích hợp vi tính (CIM), v.v.
- *Tự động hoá công nghiệp dân dụng*: thiết bị sản xuất và lắp ráp ô tô, tàu thông minh, toà nhà thông minh, v.v.

Như thể hiện ở trên, nội dung của cơ điện tử là rất rộng. Những vấn đề của cơ điện tử trên quan điểm cơ khí được cho rằng là sự mở rộng và bổ sung các sensor cho hệ thống cơ, các thành phần kích hoạt (cơ cấu chấp hành) tiên tiến hơn so với hệ cơ khí truyền thống và được điều khiển bởi máy tính. Khả năng truyền thông giữa các hệ thống thành phần đã làm tăng cường đáng kể tính năng của sản phẩm cơ điện tử. Để thiết kế và chế tạo các sản phẩm thế hệ mới, người thiết kế cần nắm rõ được các thành phần cơ bản của một sản phẩm cơ điện tử.

1.3. ĐẶC TRƯNG CỦA SẢN PHẨM CƠ ĐIỆN TỬ

1.3.1. Hệ thống

Đặc trưng của một giải pháp cơ điện tử trong thiết kế kỹ thuật là tích hợp công nghệ điện tử, máy tính và hệ thống cơ. Trong



Hình 1.2 : Mô hình hộp đen

đó hệ thống cơ thường đơn giản, ít chi tiết hơn để hướng tới một hệ thống có tính năng thực hiện cao hơn, dễ điều khiển, năng động hơn so với thế hệ trước đó. Thuật ngữ hay được dùng trong cơ điện tử là **hệ thống**. Một hệ thống có thể được xem như một hộp đen có đầu vào và đầu ra (hình 1. 2). Gọi là hộp đen vì