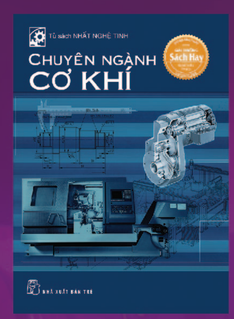
Nhằm đóng góp tích cực cho việc xây dựng một lực lượng công nhân lành nghề được đào tạo bài bản cả về lý thuyết lẫn thực hành tại Việt Nam, Quỹ Thời báo Kinh tế Sài Gòn (Saigon Times Foundation – STF) và Ủy ban tương trợ người Việt Nam tại Cộng hòa liên bang Đức (VSW-UBTT), đã thành lập Tủ sách Nhất Nghệ Tinh, với sự phối hợp của nhà xuất bản Trẻ để dịch và in các cuốn sách dạy nghề quan trọng, cơ bản và mang tính sư phạm của nhà xuất bản EUROPA LEHRMITTEL ở Đức. Đây là nhà xuất bản rất nổi tiếng và quen thuộc ở Đức đã có hơn 60 năm kinh nghiệm trong vấn đề xuất bản sách học nghề và luôn được cập nhật với những công nghệ mới nhất. Những sách kỹ thuật của Europa-Lehrmittel đã được dịch ra 20 thứ tiếng. Tại Việt Nam đây là những bản dịch tiếng Việt đầu tiên do nhiều chuyên gia Việt kiều tốt nghiệp và làm việc ở Đức/Việt Nam với hàng chục năm kinh nghiệm đảm nhận. Đối tượng cho những cuốn sách này là học sinh trường trung cấp nghề và cao đẳng, các giáo viên trong các trường dạy nghề và cả các kỹ thuật viên, kỹ sư đang hoạt động trong công nghiệp.

CHUYÊN NGÀNH CƠ KHÍ

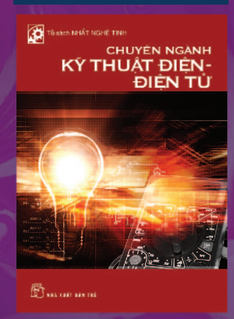
Quyển sách gối đầu giường cho ngành Cơ khí. Sách đã được Giải thưởng SÁCH HAY 2013 của Viện IRED về hạng mục Phát Hiện Mới, thể loại Sách Dịch.

Quyển *Chuyên ngành Cơ khí* (tái bản lần thứ 56) là một trong những quyển sách bán chạy nhất của nhà xuất bản Europa-Lehrmittel. Bản dịch của quyển sách này đã được Tổng cục Dạy nghề và Tổ chức Hợp tác Quốc tế (GIZ, ĐỨC) giới thiệu làm sách tham khảo và được đưa vào sử dụng cho công tác đào tạo các nghề cơ khí ở Việt Nam theo tiêu chuẩn dạy nghề của CHLB Đức. Sách đã được đưa lên mạng dưới dạng eBook (website: http://www.ybook.vn/).



CHUYÊN NGÀNH KỸ THUẬT ĐIỆN - ĐIỆN TỬ

Nội dung phong phú bao gồm những phần quan trọng đặc biệt là phần về thiết bị cho kỹ thuật công trình (Kỹ thuật chiếu sáng, hệ thống báo trộm, hệ thống ăng ten, bếp nấu và đun nước, bảo vệ chống sét), kỹ thuật tự động hóa, điều khiển logic lập trình (PLC). Như quyển *Chuyên ngành Cơ khí*, bản dịch của quyển sách này đã được Tổng cục Dạy nghề và Tổ chức Hợp tác Quốc tế (GIZ, ĐỨC) giới thiệu làm sách tham khảo và được đưa vào sử dụng cho công tác đào tạo các nghề Điện-Điện tử ở Việt Nam theo tiêu chuẩn dạy nghề của CHLB Đức. Sách đang chuẩn bị để đưa lên mạng dưới dạng eBook.



CHUYÊN NGÀNH KỸ THUẬT ÔTÔ VÀ XE MÁY HIỆN ĐẠI

Vừa được xuất bản tháng 10/2016. *Chuyên ngành Kỹ thuật Ôtô và Xe máy Hiện đại* đang được xem là tài liệu chủ yếu trong các trường nghề về ôtô và xe máy hiện đại. Một quyển sách đồng hành rất cần thiết cho các chuyên viên trong ngành này.

Những quyển sách chuyên ngành khác sẽ xuất bản trong thời gian tới

Những quyển sách chuyên ngành khác sẽ xuất bản trong thời gian tới: *Chuyên ngành Kỹ thuật Chất dẻo, Cẩm nang Kỹ thuật Hóa học, Kỹ thuật Sinh học, Kỹ thuật Xây dựng* và *Kỹ thuật Môi trường.*

Tất cả thuật ngữ cho tủ sách nghề gồm 3 thứ tiếng Đức-Việt-Anh đã được đưa lên mạng với tự điển trực tuyến www.tudien.vsw-ubtt.com (20.000 từ trong thời điểm hiện tại)

SỬ DỤNG TEM THÔNG MINH - Chương trình chăm sóc khách hàng và khuyến mãi của NXB Trẻ. Cào tem và đăng ký bằng 1 trong 2 cách:
1. Truy cập http://cskh.nxbtre.com.vn/Active/và đăng ký/đăng nhập tài khoản để nhập mã số
2. Dùng smartphone quét QR Code và đăng ký/đăng nhập tài khoản để nhập mã số. *Để được hỗ trợ xin liên hệ: Hotline: 0932.260.062 - Email: cskh@nxbtre.com.vn*

QR Code

ISBN 978-604-1-10366-5
9 786041 103665

Nhiều tác giả

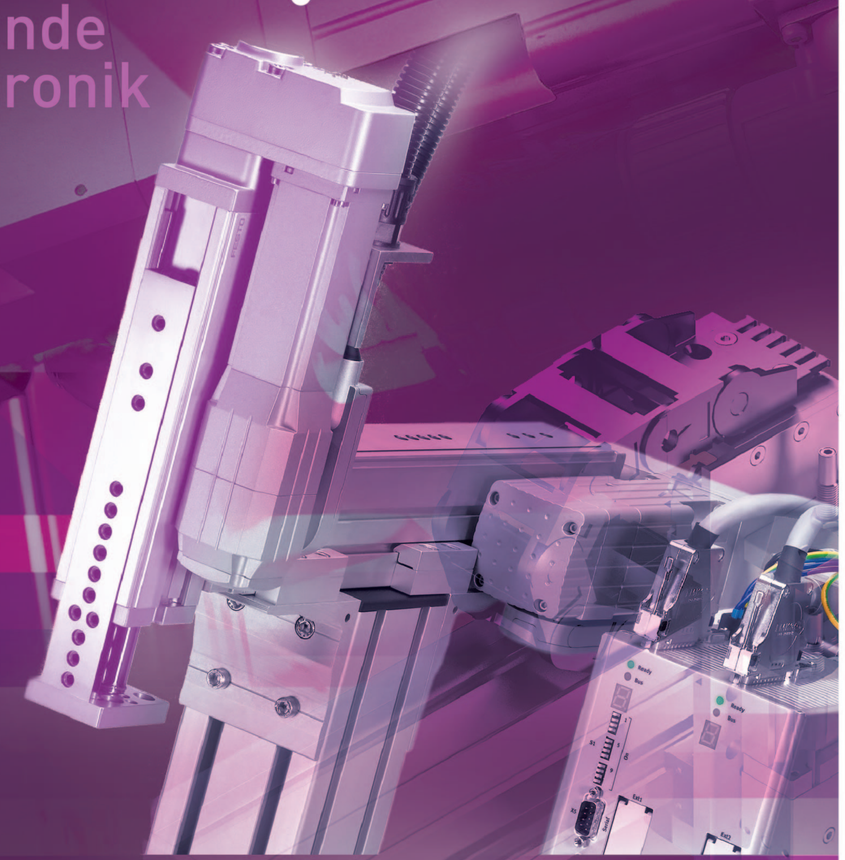
CHUYÊN NGÀNH
CƠ ĐIỆN TỬ

Fachkunde
Mechatronik

Tủ sách NHẤT NGHỆ TINH

CHUYÊN NGÀNH CƠ ĐIỆN TỬ

Fachkunde
Mechatronik



Nhiều tác giả - Nhiều dịch giả

NHÀ XUẤT BẢN TRẺ

Tác giả:

J. Bartenschlager	Oberstudienrat	Rheinbreitbach
H.Hebel	Dipl.Ing., Oberstudienrat	Melsbach
Th. Klatt	Dipl.Ing.	Neustadt/Wstr.
G. Lämmlin	Dipl.Ing., Studiendirektor	Neustadt/Wstr.
A. Scheib	Dipl.Ing, Studiendirektor	Hauenstein
E. Thiele	Dipl.Ing, Studiendirektor	Wildau

Với sự cộng tác của nhóm làm việc **"Chuyên ngành điện và điện tử"**:

W. Eichler	Dipl.Ing., Oberstudienrạt	Kaiserslautern
O. Spielvogel	Dipl.Ing., Oberstudienrạt	Kirchheim-Teck
U. Winter	Dipl.Ing., Oberstudienrạt	Kaiserslautern

Và với sự hỗ trợ của nhóm thực hiện cuốn **"Chế tạo cơ khí và kỹ thuật gia công – đào tạo cơ bản"**

Chủ biên và trưởng nhóm thực hiện: G. Lämmlin

Minh họa: Công ty đồ họa Jürgen Neumann, 97222 Rimpar, Văn phòng thiết kế Nhà xuất bản EUROPA LEHRMITTEL, 73760 Ostfildern

Dịch thuật và hiệu đính:

Hồ Vĩnh An	Master	Đại học Sư Phạm Tp HCM
Nguyễn Sỹ Cẩn	Dipl.-Ing.	Univ. Stuttgart, cựu nhân viên NAGEL Maschinen- u. Werkzeugfabrik GmbH
Đặng Văn Châm	Dipl.-Ing.	Univ. Stuttgart, cựu nhân viên Daimler Benz AG (Trưởng nhóm)
Trần Văn Cung	Dipl.-Ing.	Techn. Univ. Berlin, cựu nhân viên Klöckner AG
Vũ Thế Cường	Dr.-Ing.	Univ. Stuttgart, cựu nhân viên BMW AG
Nguyễn Thanh Dân	Dipl.-Ing. (FH)	Fachhochschule Coburg,cựu nhân viên GEA Renzmann & Gruenewald GmbH
Đinh Ngọc Diệp	Dipl.-Ing.	Techn. Univ. Berlin, cựu nhân viên UNICO GmbH
Từ Dũng	Dr.-Ing.	Univ. Stuttgart, cựu nhân viên Texas Instruments
Trương Ngọc Giao	Dipl.-Ing. (FH)	Fachhochschule Würzburg-Schweinfurt, cựu nhân viên Hutchinson GmbH
Trần Dương Hân	Dipl.-Inform.	Techn. Univ. Karlsruhe (KIT), nhân viên SAP SE
Lê Tùng Hiếu	Dipl.-Ing. (FH)	Fachhochschule Würzburg-Schweinfurt
Phan Kim Hồ	Dr.rer.nat.	Đại học RWTH Aachen, cựu nhân viên DWI / RWTH Aachen
Phạm Nam Hương	Dipl.-Ing.	Techn. Univ. Berlin (Người điều phối Tủ sách nghề Nhất Nghệ Tinh)
Trương Thế Kỷ	Dipl.-Ing.	Techn. Univ. Berlin, cựu nhân viên BMW AG
Trần Minh Khôi	Dipl.-Ing. (FH)	Fachhochschule Konstanz
Nguyễn Tấn Luân	Master	Đại học Sư Phạm Tp HCM
Nguyễn Tư Nguyên	Dr.-Ing.	Techn. Univ. Berlin, cựu nhân viên Condor GmbH
Trần Quang Ngọc	Dr.-Ing.	Univ. Stuttgart, cựu nhân viên Robert Bosch GmbH
Nguyễn Văn Phái	Prof. Dr.-Ing.	Univ. Kaiserslautern, Hochschule Trier
Đặng Thiện Ngôn	Phó GS Dr.-Ing.	Ho Chi Minh City University of Technology and Education
Vũ Hồng Phát	Dipl.-Ing.	Univ. Stuttgart, cựu nhân viên Alcatel-Lucent AG
Lê Vĩnh Thanh	Dipl.-Ing.	Techn. Univ. Berlin, Fujitsu Semiconductor Europe
Trịnh Thuận Thông	Dipl.-Ing.	Đại học RWTH Aachen, cựu nhân viên IONBOND AG
Dương Minh Trí	Dipl.-Ing.	Techn. Univ. Berlin, Viện Vật Lý Tp.HCM
Nguyễn Văn Trung	Dipl.-Ing. (FH)	Fachhochschule Köln

Thiết kế bìa sách: Công ty Brauwerberagentur, 42477 Radevormwald, sử dụng hình bìa của công ty FESTO AG

Ủy Ban Tương Trợ Người Việt Nam tại CHLB Đức giữ bản quyền dịch thuật. Sản phẩm được bảo vệ quyền tác giả. Mọi việc sử dụng ngoài quy tắc luật pháp phải được sự chấp thuận bằng văn bản của nhà xuất bản Trẻ.

Original Title: Fachkunde Mechatronik
Copyright 2012 (4th edition): Verlag Europa-Lehrmittel,
Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten (Germany)
Bản tiếng Việt © NXB Trẻ 2017

Chuyên ngành Cơ Điện tử / Nhiều tác giả. - In lần thứ 1. - T.P. Hồ Chí Minh : Trẻ, 2017.

656 tr. ; cm. - (Tủ sách học nghề Nhất Nghệ Tinh).
Nguyên bản : Fachkunde Mechatronik.
1. Cơ khí -- Dạy và học. 2. Điện tử học -- Dạy và học. 3. Hướng nghiệp. 4. Phát triển nghề nghiệp. I. Ts: Fachkunde Mechatronik.

1. Mechanics -- Study and teaching. 2. Electronics -- Study and teaching. 3. Vocational guidance. 4. Career development.

370.113 -- ddc 23
C564

CHUYÊN NGÀNH CƠ ĐIỆN TỬ
Nhiều tác giả - Nhiều dịch giả
Chịu trách nhiệm xuất bản: Giám đốc - Tổng biên tập NGUYỄN MINH NHỰT - Chịu trách nhiệm bản thảo: VŨ THỊ THU NHI -
Biên tập: ĐÀO MAI LY - TRẦN NGỌC NGÂN HÀ - Sửa bản in: ĐÀO MAI LY - TRẦN NGỌC NGÂN HÀ -
Xử lý bìa: BÙI NAM - Kỹ thuật vi tính: NGUYỄN MINH CHI

NHÀ XUẤT BẢN TRẺ: Địa chỉ: 161B Lý Chính Thắng, P. 7, Q. 3, TP Hồ Chí Minh - ĐT: (08) 39316289 - 39316211 - 39317849 - 38465596 - Fax: (08) 38437450 - E-mail: hopthubandoc@nxbtre.com.vn - Website: www.nxbtre.com.vn
CHI NHÁNH NHÀ XUẤT BẢN TRẺ TẠI HÀ NỘI: Địa chỉ: Số 21, dãy A11, khu Đầm Trấu, P. Bạch Đằng, Q. Hai Bà Trưng, Hà Nội
ĐT: (04) 37734544 - Fax: (04) 35123395 - E-mail: chinhanh@nxbtre.com.vn
Công ty TNHH Sách điện tử Trẻ (YBOOK): 161B Lý Chính Thắng, P.7, Q.3, TP Hồ Chí Minh - ĐT: 08 35261001 - Fax: 08 38437450 -
Email: info@ybook.vn - Website: www.ybook.vn

Khổ:...cm x...cm, số:.../CXB/.../Tre. Quyết định xuất bản số.../QĐ-Tre, ngày... tháng... năm.... In... cuốn, tại Công ty.....
Địa chỉ:..... In xong và nộp lưu chiểu tháng... năm...

Quỹ Thời báo Kinh tế Sài Gòn
(Saigon Times Foundation – STF)
và
Ủy ban Tương trợ người Việt Nam tại CHLB Đức
(Vietnamesisches Studienwerk in der BRD e.V.-VSW - UBTT)

CHUYÊN NGÀNH CƠ ĐIỆN TỬ

Fachkunde Mechatronik

Bản dịch tiếng Việt từ ấn bản tiếng Đức lần thứ 30
Hợp đồng bản quyền của Nhà xuất bản Europa-Lehrmittel ký ngày 18-10-2013

Tựa gốc tiếng Đức: FACHKUNDE MECHATRONIK
VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL • Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG
Düsselberger Straße 23 • 42781 Haan-Gruiten • Germany

Europa No.: 45119

Lời Nói Đầu

Nhằm đóng góp tích cực cho việc xây dựng một lực lượng công nhân, chuyên viên lành nghề được đào tạo bài bản cả về lý thuyết lẫn thực hành tại Việt Nam, Quỹ Thời báo Kinh tế Sài Gòn (Saigon Times Foundation – STF) và Ủy ban tương trợ người Việt Nam tại Cộng hòa liên bang Đức (VSW-UBTT), hai tổ chức xã hội, phi lợi nhuận, đã thành lập Tủ sách Nhất Nghệ Tinh từ năm 2010, để dịch các cuốn sách dạy nghề quan trọng, cơ bản và sư phạm của nhà xuất bản Europa Lehrmittel ở Đức.

Cơ điện tử (Mechatronics: mechanical / electronic engineering) là một ngành học kết hợp giữa ba công nghệ then chốt là cơ khí, điện tử, và tin học. Thuật ngữ Cơ điện tử được người Nhật sử dụng lần đầu tiên vào năm 1971, sau đó được nhanh chóng phổ biến trên thế giới. Ở Đức việc đào tạo nghề ngành cơ điện tử bắt đầu vào năm 1998.

Cuốn sách "**Chuyên ngành cơ điện tử**" của nhà xuất bản Europa Lehrmittel là một cuốn sách giáo khoa được phổ biến rộng rãi trong lĩnh vực đào tạo ở các trường dạy nghề tại Đức. Một đội ngũ gồm các giáo viên ở các trường dạy nghề và các kỹ sư ở các công ty, với sự hỗ trợ của hai nhóm làm việc: điện tử, chế tạo cơ khí & kỹ thuật gia công đã biên soạn cuốn sách này rất công phu, cập nhật những phát minh mới, nên giáo trình này rất phong phú và hiện đại. Cấu trúc của cuốn sách không những thích hợp cho việc giảng dạy, mà còn giúp các chuyên viên kỹ thuật bổ sung kiến thức cơ bản, tham khảo và tự học. Cuốn sách này được dịch ra tiếng Việt từ nguyên bản tiếng Đức, ấn bản thứ 4.

Vì sự đa dạng phong phú của ngành cơ điện tử, nên sách chỉ trình bày 13 lĩnh vực học tập tùy theo nhu cầu của các học viên và tùy theo nội dung học tập.

Sách gồm có 14 chương (650 trang) được trình bày rõ ràng, dễ hiểu nhờ sử dụng nhiều hình ảnh với nhiều hình màu minh họa và bảng biểu. Nội dung các chương gồm:

- Cơ bản về xử lý dữ liệu (tin học): Hệ điều hành, chương trình ứng dụng văn phòng, phần mềm trình bày, lập trình, mối đe dọa cho mạng và máy tính.
- Truyền thông kỹ thuật: Bản vẽ kỹ thuật làm phương tiện thông tin, truyền thông, kỹ thuật truyền thông bằng sơ đồ
- Kỹ thuật kiểm tra độ dài và góc, bằng cơ học, bằng căn mẫu, thiết bị đo, dung sai và lắp ghép.
- Quản lý chất lượng là nhiệm vụ chung của mọi người, theo tiêu chuẩn ISO, bằng phương pháp thống kê.
- Kỹ thuật vật liệu: Phân loại, đặc tính, cấu tạo vật liệu kim loại, sắt và thép, kim loại phi sắt, các kim loại quan trọng khác, vật liệu thiêu kết, sự ăn mòn, chất dẻo, các vật liệu liên kết, phụ trợ và bảo vệ môi trường.
- Hệ thống cơ: Cơ bản vật lý của hệ thống cơ, chức năng: dẫn động, khớp nối trục, bộ truyền động, ổ trục v.v….
- Chế tạo hệ thống cơ khí (kỹ thuật gia công): Các nhóm, tạo dạng đúc, biến dạng, cắt gọt phoi, ghép nối, tự động hóa sản xuất, CNC, kỹ thuật xử lý thao tác và rô bốt.
- Cơ bản kỹ thuật điện: Mô hình nguyên tử Bohr, cơ bản về điện: điện áp, dòng điện, điện trở, công suất, hiệu suất, điện trường, từ trường, cách ly điện tích, các mạch điện cơ bản: một chiều, xoay chiều, ba pha, các linh kiện điện tử, kỹ thuật đo.
- Máy điện: Máy biến áp, động cơ không đồng bộ ba pha, xoay chiều một pha, một chiều, tính tương thích điện từ EMC và các biện pháp bảo vệ.
- Kỹ thuật điều khiển: Cơ bản, các mạch điện kỹ thuật số, mô tả kỹ thuật bằng đồ họa GRAFCET, kỹ thuật điều khiển bằng khí nén, bằng điện, bằng thủy lực, cảm biến, điều khiển logic lập trình được PLC.
- Kỹ thuật điều chỉnh: Cơ bản, các phần tử cấu tạo, các thiết bị và cơ cấu, sự ổn định của mạch điều chỉnh.
- Các hệ thống bus trong kỹ thuật tự động hóa: Mô hình giao tiếp, tô pô học, phương tiện truyền thông, phân loại truyền dẫn, các phương thức truy cập bus, bảo đảm dữ liệu, giao diện AS, Profibus, Ethernet.
- Những hệ thống cơ điện tử: Cơ bản về cấu trúc, những hệ thống con vận hành bằng cơ khí, thủy lực, khí nén và điện.
- Lắp ráp, thử nghiệm đưa vào vận hành và bảo trì các hệ thống cơ điện tử: Công việc lắp ráp qua kết nối, kiểm tra và hiệu chỉnh, kế hoạch lắp ráp, các hình thức tổ chức, an toàn lao động, thử nghiệm đưa vào vận hành, và bảo trì các hệ thống.

Chúng tôi vô cùng cám ơn nhà xuất bản Europa Lehrmittel, nhà xuất bản Trẻ đã dành sự giúp đỡ tận tình trong việc xuất bản. Đặc biệt cám ơn tập thể các chuyên gia uy tín, trong và ngoài nước đã âm thầm cống hiến tâm sức để hoàn thành việc chuyển ngữ quyển sách này. Ngoài ra chúng tôi cũng vô cùng cám ơn Tổ chức hợp tác quốc tế (GIZ) CHLB Đức đã hỗ trợ chúng tôi rất tích cực trong việc dịch thuật và mua sách với số lượng lớn, để tặng cho các trường dạy nghề ở Viêt Nam.

Hiển nhiên trong ấn bản Việt ngữ đầu tiên cuốn sách không thể nào tránh khỏi sai sót, chúng tôi mong nhận được các góp ý để hoàn thiện các ấn bản trong tương lai. Mọi đề nghị và thắc mắc xin gởi về địa chỉ email: tusachnghe@googlegroups.com.

Với mục tiêu hỗ trợ công tác dạy nghề, chúng tôi tin rằng quyển sách này sẽ đóng góp thiết thực vào công cuộc phát triển nguồn nhân lực kỹ thuật cao nước nhà.

Thành phố Hồ Chí Minh tháng 5/2017

QUỸ THỜI BÁO KINH TẾ SÀI GÒN (SAIGON TIMES FOUNDATION - STF)

ỦY BAN TƯƠNG TRỢ NGƯỜI VIỆT NAM TẠI CHLB ĐỨC (VIETNAMESISCHES STUDIENWERK IN BRD e.V.-VSW - UBTT)

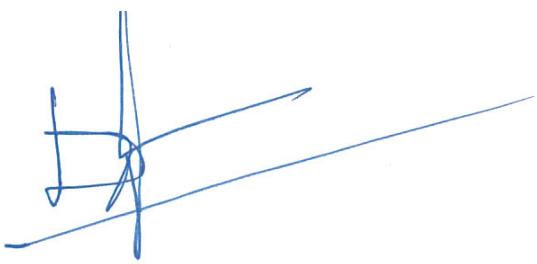
Lời Giới Thiệu

Trong xu thế hội nhập khu vực và quốc tế, nhân lực nói chung, nhân lực kỹ thuật trựctiếp nói riêng ngày càng trở thành nhân tố quyết định sự phát triển cũng như năng lực cạnh tranh của mỗi quốc gia. Chiến lược phát triển dạy nghề thời kỳ 2011-2020 xác định rõ mục tiêu đến năm 2020 nâng tỷ lệ lao động qua đào tạo nghề đạt 55%, tương đương với 34,4 triệu người. Để đạt được mục tiêu này cần phải đưa ra 10 giải pháp để đổi mới nâng cao chất lượng giáo dục nghề nghiệp, một trong các giải pháp đó là nâng cao chất lượng, hiệu quả công tác hợp tác quốc tế trong giáo dục nghề nghiệp, trong đó xác định CHLB Đức là một trong các đối tác chiến lược. Trong những năm qua, CHLB Đức đã hỗ trợ Việt Nam với nhiều dự án. Chương trình hợp tác Việt – Đức "Đổi mới Đào tạo nghề Việt Nam" hỗ trợ các cơ sở Giáo dục nghề nghiệp nâng cao chất lượng và tính hướng cầu trong các chương trình đào tạo của mình dựa theo các tiêu chuẩn quốc tế đồng thời Chương trình tư vấn cho chính phủ Việt nam trong quá trình đổi mới hệ thống Giáo dục nghề nghiệp.

Sau thành công của ấn bản đầu tiên cuốn sách "Chuyên ngành Cơ khí" và tiếp đó là cuốn sách "Chuyên ngành Kỹ thuật điện và điện tử" được xuất bản bằng tiếng Việt, chúng tôi muốn giới thiệu tiếp cuốn "Cơ điện tử". Cuốn sách này do Nhà xuất bản Europa-Lehrmittel xuất bản nguyên bản bằng tiếng Đức và hiện đang được sử dụng rộng rãi hầu hết ở các trường kỹ thuật tại CHLB Đức. Nội dung cuốn sách hướng đến các tiêu chuẩn đào tạo của Đức đối với nghề Cơ điện tử và có thể được sử dụng làm tài liệu đồng hành cho việc đào tạo và nâng cao đội ngũ chuyên gia nghề Cơ điện tử của Việt Nam. Cuốn sách cung cấp cho độc giả những thông tin, kiến thức và thể hiện về chất lượng cũng như những kinh nghiệm đào tạo nghề của Đức. Kinh nghiệm làm việc lâu năm của các chuyên gia kỹ thuật Việt Nam có năng lực chuyên môn cao trong các doanh nghiệp tại CHLB Đức và Việt Nam và được sự hỗ trợ của Tổ chức Hợp tác phát triển Đức (GIZ) đã tham gia đóng góp vào việc dịch cuốn sách từ tiếng Đức sang tiếng Việt. Chúng tôi tin tưởng rằng cuốn sách này sẽ là tài liệu có giá trị tham khảo rất tốt cho các chuyên gia, giáo viên, các trường trung cấp, cao đẳng trong cả nước có đào tạo nghề Cơ điện tử nhằm cung cấp kiến thức, kỹ năng để có thể đạt các tiêu chuẩn quốc tế.

Chúng tôi xin cảm ơn Tổng cục Dạy nghề, Tổ chức Hợp tác phát triển Đức (GIZ), Quỹ Thời báo kinh tế Sài Gòn, Nhà xuất bản Trẻ, Ủy Ban Tương trợ người Việt Nam tại CHLB Đức, Nhà xuất bản Europa-Lehrmittel và tất cả các cá nhân đã tham gia biên soạn, biên dịch và hỗ trợ xuất bản cuốn sách này.

Hà Nội, ngày 19 tháng 4 năm 2017



Tiến sĩ Đặng Xuân Thức
Vụ trưởng, Vụ Dạy nghề chính quy
Tổng cục Dạy nghề - Bộ LĐTB&XH

Tiến sĩ Horst Sommer
Điều phối viên trọng điểm
Đào tạo nghề hợp tác phát triển Đức

Mục Lục

Diễn giải những lĩnh vực học tập 4

LF1 Phân tích sự tương quan về chức năng trong hệ thống cơ điện tử 9
LF2 Chế tạo những hệ thống con vận hành bằng cơ khí 10
LF3 Lắp ráp những thiết bị vận hành bằng điện với sự lưu ý về mặt kỹ thuật an toàn 12
LF4 Giám sát dòng năng lượng và thông tin trong nhóm lắp ráp về điện, khí và thủy lực 13
LF5 Truyền thông nhờ các hệ thống xử lý dữ liệu (máy tính) 14
LF6 Lập kế hoạch và tổ chức các trình tự làm việc 14
LF7 Thực hiện những hệ thống con cơ điện tử 15
LF8 Thiết kế và thiết lập hệ thống cơ điện tử 16
LF9 Khảo sát dòng thông tin trong hệ thống cơ điện tử phức tạp 17
LF10 Lập kế hoạch lắp ráp và tháo gỡ 18
LF11 Đưa vào vận hành, tìm lỗi và bảo trì 19
LF12 Bảo trì phòng ngừa 20
LF13 Bàn giao hệ thống cơ điện tử cho khách hàng 20

1 Cơ bản về xử lý dữ liệu 21

1.1 Hệ điều hành 23
1.1.1 Nhiệm vụ của một hệ điều hành 23
1.1.2 Các thể loại hệ điều hành 24
1.1.3 Hệ điều hành máy khách-chủ (của Windows) 27
1.2 Các ứng dụng văn phòng 33
1.2.1 Xử lý văn bản 37
1.2.2 Bảng tính 42
1.2.3 Phần mềm trình bày (bài thuyết trình) 47
1.2.4 Hệ thống ngân hàng dữ liệu 53
1.3 Phần mềm bổ sung 57
1.3.1 Xử lý/chỉnh sửa hình ảnh 57
1.3.2 Tạo tài liệu PDF 59
1.3.3 Quản lý dự án 60
1.4 Giới thiệu lập trình 63
1.4.1 Ngôn ngữ lập trình 63
1.4.2 Thuật toán 63
1.4.3 Cấu tạo tổng quát một chương trình (Hình 3) 63
1.4.4 Các dạng dữ liệu và biến số 64
1.4.5 Các loại dữ liệu (Bảng 1) 64
1.4.6 Đầu vào và đầu ra trong ngôn ngữ bậc cao 65
1.4.7 Kết nối logic các loại dữ liệu 65
1.4.8 Phát triển chương trình phần mềm 65
1.4.9 Các loại mô tả thuật toán 66
1.4.10 Thí dụ một chương trình phần mềm 67
1.5 Mối đe dọa cho mạng và máy tính 68
1.5.1 Những loại tấn công và các kẻ tấn công 68
1.5.2 Những giao thức truyền thông 69

2 Truyền thông kỹ thuật 71

2.1 Bản vẽ kỹ thuật làm phương tiện thông tin 71
2.1.1 Các loại trình bày 72
2.1.2 Bản vẽ chi tiết rời 74
2.1.3 Trình bày hình cắt 78
2.1.4 Ghi kích thước cho từng bộ phận 79
2.1.5 Trình bày ren 80
2.1.6 Các chi tiết được chuẩn hóa 81
2.1.7 Bản vẽ nhóm lắp ráp 82
2.2 Bảng và biểu đồ 83
2.2.1 Bảng 83
2.2.2 Biểu đồ 83
2.3 Truyền thông kỹ thuật với sự trợ giúp của sơ đồ 84
2.4 Ngôn ngữ là phương tiện truyền thông 85
2.4.1 Cách tạo các biên bản 85
2.4.2 Tường trình và thuyết trình 86
2.4.3 Tạo bài tường trình 86
2.4.4 Thuyết trình bài tường trình 86

3 Kỹ thuật kiểm tra 87

3.1 Kiểm tra độ dài và kiểm tra góc 87
3.2 Phương tiện kiểm tra cơ học 88
3.2.1 Thước cặp 88
3.2.2 Thước panme (vít đo - vi kế) 89
3.2.3 Đồng hồ đo 89
3.2.4 Thước đo góc 90
3.3 Thiết bị đo bằng khí nén 91
3.4 Thiết bị đo bằng điện 91
3.5 Thiết bị đo điện tử 92
3.6 Kiểm tra bằng dưỡng kiểm 92
3.7 Kiểm tra bề mặt 93
3.7.1 Khái niệm cơ bản về kiểm tra bề mặt 93
3.7.2 Phương pháp kiểm tra bề mặt 93
3.7.3 Đo độ nhám (Độ nhấp nhô) 94
3.7.4 Các số liệu của chất lượng bề mặt (độ bóng bề mặt) trong các bản vẽ kỹ thuật. 95
3.8 Dung sai và lắp ghép 96
3.8.1 Dung sai kích thước 96
3.8.2 Lắp ghép 98
3.8.3 Hệ thống lắp ghép 98
3.8.4 Dung sai hình dạng và dung sai vị trí 100

4 Quản lý chất lượng 101

4.1 Khái niệm chất lượng 101
4.2 Nhiệm vụ của quản lý chất lượng 102
4.2.1 Lập kế hoạch về chất lượng 102
4.2.2 Điều chỉnh chất lượng 103
4.2.3 Kiểm tra chất lượng 103
4.2.4 Cải tiến chất lượng 103
4.3 Quản lý chất lượng theo tiêu chuẩn DIN EN ISO 9000:2005 104
4.4 Chất lượng không chỉ là quan tâm của ban giám đốc 104
4.5 Quản lý chất lượng bằng thống kê 105
4.5.1 Lỗi ngẫu nhiên và lỗi có hệ thống 105
4.5.2 Phân bố chuẩn Gauß 105
4.5.3 Cách dùng bảng điều chỉnh chất lượng như một công cụ kiểm tra chất lượng 106

5 Kỹ thuật vật liệu 107

5.1 Phân loại vật liệu 107
5.2 Các đặc tính của vật liệu 108
5.2.1 Tính chất vật lý 108
5.2.2 Các tính chất công nghệ hóa học 109
5.2.3 Các tính chất công nghệ cơ học 109

5.2.4 Các đặc tính về kỹ thuật chế tạo 111
5.2.5 Các tính chất về môi trường 111
5.3 Cấu tạo của vật liệu kim loại 112
5.3.1 Cấu tạo bên trong của kim loại 112
5.3.2 Các loại mạng tinh thể 112
5.4 Vật liệu sắt và thép 113
5.4.1 Phân loại theo công dụng 113
5.4.2 Phân loại thép theo hạng chất lượng 114
5.4.3 Chuẩn hóa các vật liệu sắt thép 114
5.4.4 Những loại thép và vật liệu gốc sắt quan trọng 116
5.5 Kim loại phi sắt 119
5.5.1 Đồng và hợp kim đồng 119
5.5.2 Nhôm và các hợp kim nhôm 120
5.6 Các kim loại quan trọng khác 121
5.7 Vật liệu thiêu kết 122
5.7.1 Chế tạo chi tiết thiêu kết 122
5.7.2 Phạm vi ứng dụng của kim loại thiêu kết 122
5.8 Sự ăn mòn 123
5.8.1 Nguyên nhân của sự ăn mòn 123
5.8.2 Các dạng thức ăn mòn 124
5.8.3 Những biện pháp chống ăn mòn 124
5.9 Chất dẻo 125
5.9.1 Các đặc tính của chất dẻo và các khả năng ứng dụng của chúng 125
5.9.2 Phân loại các chất dẻo 126
5.10 Vật liệu liên kết (vật liệu compozit) 128
5.11 Chất phụ gia 129
5.12 Vật liệu và sự bảo vệ môi trường 130

6 Hệ thống cơ 131

6.1 Cơ sở của suy nghĩ về hệ thống 131
6.1.1 Đường biên hệ thống 132
6.1.2 Đại lượng vào và đại lượng ra 132
6.1.3 Chức năng chính và chức năng con của hệ thống kỹ thuật 132
6.2 Cơ bản vật lý của hệ thống cơ 134
6.2.1 Công cơ học 134
6.2.2 Công suất cơ và hiệu suất 135
6.3 Đơn vị chức năng của hệ thống cơ 137
6.3.1 Đơn vị chức năng dẫn động 138
6.3.2 Đơn vị chức năng truyền năng lượng 138
6.3.2.1 Trục truyền 139
6.3.2.2 Bộ ly hợp (khớp nối trục) 140
6.3.2.3 Hộp số (bộ truyền động) 142
6.3.2.4 Những đại lượng đặc trưng của bộ truyền động (hộp số) 146
6.3.2.5 Thiết bị dẫn động đường thẳng (tuyến tính) 148
6.3.3 Đơn vị chức năng để làm việc (vận hành) 149
6.3.4 Đơn vị chức năng đỡ và mang 149
6.3.4.1 Thân máy và khung đỡ 149
6.3.4.2 Cơ cấu dẫn hướng 150
6.3.4.3 Bợ trục (ổ trục) 153

7 Chế tạo những hệ thống cơ khí (Kỹ thuật gia công) 161

7.1 Cơ bản của kỹ thuật gia công 161
7.2 Các nhóm gia công sản xuất chính 161
7.3 Tạo dạng nguyên mẫu (đúc) 164
7.3.1 Tạo dạng qua đúc 164
7.3.2 Tạo dạng nguyên mẫu qua thiêu kết 165
7.4 Biến dạng 166
7.4.1 Phân loại các phương pháp biến dạng 166
7.4.2 Uốn 167
7.4.2.1 Khái niệm cơ bản về công nghệ 167
7.4.2.2 Uốn ống 168
7.4.2.3 Chiều dài cắt (Chiều dài khai triển cắt) 170
7.5 Tách 171
7.5.1 Nguyên tắc cơ bản của phương pháp cắt đứt bằng cơ học 171
7.5.2 Cắt gọt có phoi 172
7.5.3 Cưa 174
7.5.4 Giũa 176
7.5.5 Gia công có phoi với máy công cụ 177
7.5.6 Khoan 180
7.5.7 Khoét (Lã, khoét miệng, khoét loe) 185
7.5.8 Doa 186
7.5.9 Cắt ren 187
7.5.10 Tiện 191
7.5.11 Phay 197
7.5.12 Mài 202
7.6 Ghép nối 205
7.6.1 Phân loại và tác dụng 205
7.6.2 Kết nối bulông 206
7.6.3 Kết nối chốt và kết nối bulông (vít) 215
7.6.4 Kết nối nêm 217
7.6.5 Kết nối then (Chốt cla vết) 218
7.6.6 Hàn vảy 219
7.6.7 Hàn 222
7.6.8 Dán (sự kết dính) 226
7.6.9 Kết nối ép 228
7.6.10 Kết nối kẹp chặt và uốn nếp (gấp nếp) 229
7.7 Tự động hóa sản xuất 231
7.7.1 Lịch sử phát triển 231
7.7.2 Mô đun (đơn vị kết cấu) cho tự động hóa sản xuất 233
7.8 Điều khiển CNC 235
7.8.1 Đặc tính của máy CNC 237
7.8.2 Hệ thống đo hành trình 238
7.8.3 Thông tin vị trí và hệ tọa độ 239
7.8.4 Đo đạc dụng cụ và chỉnh sửa dụng cụ 240
7.8.5 Loại điều khiển 241
7.8.5.1 Điều khiển điểm 241
7.8.5.2 Điều khiển theo quỹ đạo (điều khiển biên dạng, điều khiển theo contua) 241
7.8.6 Chương trình CNC 244
7.8.7 Lập trình của máy gia công CNC 255
7.8.8 Thí dụ về máy gia công điều khiển kỹ thuật số 257
7.9 Kỹ thuật xử lý thao tác và kỹ thuật robot 263
7.9.1 Thiết bị xử lý thao tác 265
7.9.1.1 Palăng (Cần cẩu, tời) 266
7.9.1.2 Tay máy (Hình 1) 267
7.9.1.3 Thiết bị được vận hành từ xa (Hình 2) 267
7.9.1.4 Hệ thống có cấu trúc mođun (Hình 3) 267
7.9.1.5 Robot công nghiệp 268
7.9.2 Động học của robot 272
7.9.2.1 Bậc tự do của cơ cấu truyền động 273
7.9.2.2 Loại cấu trúc và không gian hoạt động 274
7.9.3 Điều khiển robot 277
7.9.4 Lập trình của RBCN 281

8 Cơ bản kỹ thuật điện 283

8.1 Mô hình nguyên tử Bohr 284
8.2 Sự tách ly điện tích 285

8.2.1 Tạo ra điện áp 286
8.2.2 Các loại điện áp 286
8.3 Dòng điện 287
8.4 Điện trở 289
8.5 Định luật Ohm 290
8.6 Công của điện và công suất điện 291
8.7 Hiệu suất 292
8.8 Điện trường 293
8.9 Từ trường 295
8.9.1 Mạch từ 296
8.9.2 Các đại lượng cơ bản của từ trường 296
8.9.3 Vật liệu từ 298
8.9.4 Từ hóa vật liệu sắt từ 299
8.9.5 Tác dụng lực trên hai dây có dòng điện chạy qua 300
8.9.6 Cảm ứng điện từ 300
8.10 Mạch cơ bản với điện trở 304
8.10.1 Linh kiện điện trở trong mạch điện 304
8.10.2 Ký hiệu điện trở 304
8.10.3 Mạch nối tiếp điện trở 305
8.10.4 Quy tắc mạng (Định luật Kirchhoff thứ hai) 306
8.10.5 Mạch song song với điện trở 306
8.10.6 Quy tắc nút (Định luật Kirchhoff thứ 1) 307
8.11 Cơ bản kỹ thuật điện xoay chiều 307
8.11.1 Cách tạo nên điện áp xoay chiều và các định nghĩa khái niệm 307
8.11.2 Véc tơ diễn tả các đại lượng xoay chiều 309
8.11.3 Tần số và thời gian chu trình 309
8.11.4 Tần số góc 309
8.11.5 Chiều dài sóng (bước sóng) 310
8.11.6 Trị số hiệu dụng 310
8.12 Tụ điện trong mạch điện 311
8.13 Cuộn dây trong mạch điện 313
8.14 Điện xoay chiều ba pha 315
8.14.1 Sự hình thành điện áp xoay chiều ba pha 315
8.14.2 Sự kết chuỗi 315
8.14.3 Mạch sao (ký hiệu: Y) 317
8.14.4 Mạch tam giác (Ký hiệu: Δ) 319
8.14.5 Ứng dụng mạch sao và mạch tam giác 320
8.14.6 Công suất của dòng điện xoay chiều ba pha 321
8.15 Cơ bản linh kiện điện tử 323
8.15.1 Điôt 323
8.15.1.1 Điôt zener 324
8.15.1.2 Điôt phát sáng LED 324
8.15.2 Transistor 325
8.15.3 Linh kiện điện tử công suất 326
8.15.3.1 Điôt công suất 327
8.15.3.2 Điac 327
8.15.3.3 Thyristor cổng p 327
8.15.3.4 Triac 327
8.15.3.5 Transistor lưỡng cực cổng gate cách điện (IGBT) 328
8.16 Cơ bản kỹ thuật đo điện 329
8.16.1 Thu nhận các đại lượng điện: Máy đo 329
8.16.2 Đo điện áp 330
8.16.3 Đo dòng điện 330
8.16.4 Mạch sai số điện áp 331
8.16.5 Mạch sai số dòng điện 331
8.16.6 Đo các đại lượng điện phụ thuộc thời gian 331

9 Máy điện 333

9.1 Máy biến áp 334
9.1.1 Biến áp một pha 334
9.1.1.1 Điện áp không tải 334
9.1.1.2 Tỉ số biến đổi 335
9.1.1.3 Không tải và có tải 336
9.1.1.4 Điện áp ngắn mạch 337
9.1.1.5 Dòng điện ngắn mạch 338
9.1.1.6 Hiệu suất của máy biến áp 339
9.1.2 Biến áp loại nhỏ 340
9.1.3 Biến áp tự ngẫu (Biến áp tiết kiệm) 341
9.2 Truyền động điện 342
9.2.1 Cơ bản máy điện 343
9.2.2 Động cơ không đồng bộ ba pha 345
9.2.3 Động cơ xoay chiều một pha 348
9.2.4 Động cơ điện một chiều 349
9.2.4.1 Cách vận hành của động cơ điện một chiều 350
9.2.4.2 Các loại động cơ điện một chiều 351
9.2.4.3 Thiết bị điều khiển điện áp tại lưới điện xoay chiều 353
9.2.5 Thay đổi vận tốc từ trường quay ở động cơ không đồng bộ 354
9.2.5.1 Nguyên tắc của bộ biến tần 355
9.2.5.2 Tính năng của động cơ không đồng bộ với bộ điều khiển tần số 357
9.2.6 Hệ truyền động servo (trợ động) 358
9.2.7 Động cơ bước 360
9.2.8 Bảo vệ truyền động điện 361
9.2.9 Thiết kế một hệ truyền động thay đổi cho một ứng dụng 364
9.3 Tính tương thích điện từ (EMC[1)]) 367
9.3.1 Đo đạc EMC 368
9.3.2 Các biện pháp bảo vệ EMC 369
9.3.3 Tần phổ của điện từ trường 370
9.4 Các biện pháp bảo vệ 371
9.4.1 Những hiểm nguy khi làm việc với điện 371
9.4.1.1 Tác động của điện trong cơ thể con người 371
9.4.1.2 Tiếp xúc điện trực tiếp và gián tiếp 373
9.4.1.3 Các khái niệm chuyên môn về biện pháp bảo vệ 373
9.4.2 Quy định an toàn cho hệ thống điện áp thấp 374
9.4.3 Khái niệm và đặc trưng 374
9.4.3.1 Các cấp bảo vệ 374
9.4.3.2 Các loại bảo vệ IP (theo DIN VDE 0470) 375
9.4.3.3 Biện pháp bảo vệ khi làm việc với thiết bị điện 376
9.4.3.4 Các loại lỗi ở thiết bị điện 377
9.4.3.5 Điện áp trong trường hợp có lỗi 377
9.4.4 Bảo vệ chống điện giật 378
9.4.5 Bảo vệ chống chạm điện trực tiếp và chạm điện gián tiếp 378
9.4.5.1 Bảo vệ bằng điện áp thấp SELV và PELV 379
9.4.5.2 Bảo vệ bằng giới hạn điện tích 380
9.4.6 Bảo vệ chống điện giật trong điều kiện bình thường (Bảo vệ chống tiếp xúc trực tiếp hay bảo vệ cơ bản) 380
9.4.7 Bảo vệ ngăn ngừa điện giật khi có lỗi (Bảo vệ chống chạm điện gián tiếp hay bảo vệ khi có lỗi) 381
9.4.7.1 Hệ thống điện ba pha 381
9.4.7.2 Biện pháp bảo vệ trong hệ thống TN 382
9.4.7.3 Bộ bảo vệ dòng điện rò (RCD) 384
9.4.7.4 Biện pháp bảo vệ trong hệ thống TT 386
9.4.7.5 Biện pháp bảo vệ trong hệ IT 387
9.4.7.6 Bảo vệ bằng cách sử dụng thiết bị có bảo vệ cấp II hoặc dùng cách điện tương đương (bảo vệ cách điện) 388
9.4.7.7 Bảo vệ cách ly 388

9.4.8 Kiểm tra các biện pháp bảo vệ 389
9.4.8.1 Kiểm tra phương cách bảo vệ SELV, PELV và cách ly bảo vệ 390
9.4.8.2 Đo trở kháng vòng 390
9.4.8.3 Đo điện trở cách điện trong hệ thống điện 391
9.4.9 Bảo vệ chống tích tụ tĩnh điện 392

10 Kỹ thuật điều khiển 393

10.1 Các khái niệm cơ bản 393
10.1.1 Quá trình điều khiển 393
10.1.2 Phân loại hệ điều khiển 394
10.1.3 Quá trình điều chỉnh 396
10.2 Kỹ thuật số 397
10.2.1 Các dạng tín hiệu 397
10.2.2 Những kết nối logic cơ bản (cổng logic, hàm) 397
10.2.3 Các họ mạch vi điện tử 400
10.2.4 Phác thảo thiết kế những mạch điện kết nối logic 401
10.2.5 Đơn giản hóa các phương trình chức năng 402
10.2.6 Tối giản (làm giảm đến mức tối thiểu) bằng biểu đồ KV 403
10.2.7 Phân tích mạch điện logic 405
10.2.8 Chức năng nhớ (lưu giữ) 406
10.2.8.1 Mạch lật JK chủ tớ (JK-MS-Flipflop) 407
10.2.8.2 Mạch lật chủ - tớ với những ngõ vào tĩnh (FF JK-MS) 408
10.2.9 Bộ đếm 408
10.2.9.1 Bộ đếm không đồng bộ 408
10.2.9.2 Bộ đếm đồng bộ 409
10.2.9.3 Thanh ghi 411
10.2.9.4 Nguyên tắc thanh ghi dịch chuyển 411
10.2.10 Các mạch điện kỹ thuật số (digital) đặc biệt 413
10.2.11 Hệ thống số 413
10.2.12 Mã số
10.2.13 Bộ biến đổi mã số 415
10.2.14 Bộ biến đổi tín hiệu 415
10.3 Mô tả kỹ thật điều khiển bằng đồ họa 417
10.3.1 Biểu tượng và ký hiệu chuyển mạch của các thành phần ở điều khiển bằng khí nén và thủy lực 418
10.3.2 GRAFCET 419
10.3.3 Biểu đồ trạng thái 420
10.3.4 Sơ đồ chuyển mạch 421
10.4 Kỹ thuật điều khiển bằng khí nén 422
10.4.1 Cơ bản vật lý 422
10.4.2 Máy nén khí 424
10.4.3 Chuẩn bị (làm tinh khiết) và phân phối khí nén 425
10.4.4 Cơ cấu vận hành 428
10.4.4.1 Xi lanh khí nén 428
10.4.4.2 Các loại xi lanh có cấu tạo đặc biệt 429
10.4.4.3 Động cơ khí nén 432
10.4.5 Van khí nén 434
10.4.5.1 Van dẫn hướng 434
10.4.5.2 Van chặn và van lưu lượng 436
10.4.5.3 Van áp suất khí nén 437
10.4.6 Các mạch cơ bản khí nén 438
10.4.6.1 Chuyển dịch tới và lùi đơn giản của xi lanh 438
10.4.6.2 Ảnh hưởng của tốc độ 440
10.4.6.3 Kết nối logic tín hiệu 441
10.4.6.4 Điều khiển tùy thuộc áp suất 444
10.4.6.5 Trì hoãn việc chuyển mạch 445
10.4.6.6 Trùng tín hiệu *(chồng chập tín hiệu)* 447
10.5 Kỹ thuật điều khiển bằng điện - khí nén 451
10.5.1 Linh kiện trong hệ thống điều khiển bằng điện - khí nén 451
10.5.1.1 Phần tử nhập tín hiệu bằng điện 451
10.5.1.2 Cảm biến 451
10.5.1.3 Rờ le và rờ le công suất (công tắc bảo vệ - công tắc tơ contactor) 452
10.5.1.4 Van điện từ 453
10.5.2 Mạch điện cơ bản 455
10.5.2.1 Xi lanh chạy tới – chạy lui 455
10.5.2.2 Kết nối logic tín hiệu 456
10.5.2.3 Trì hoãn chuyển mạch (Độ trễ chuyển mạch) 458
10.5.2.4 Mạch tự giữ (tự duy trì) 460
10.6 Kỹ thuật điều khiển bằng thủy lực 461
10.6.1 Mạch tuần hoàn thủy lực 462
10.6.2 Chất lỏng thủy lực 463
10.6.3 Bơm thủy lực và động cơ thủy lực 469
10.6.4 Xi lanh thủy lực 474
10.6.5 Van thủy lực 480
10.6.5.1 Van dẫn hướng 480
10.6.5.2 Van áp suất 483
10.6.5.3 Van lưu lượng và van chặn lưu lượng 485
10.6.5.4 Các phụ tùng 487
10.7 Cảm biến 489
10.7.1 Ý nghĩa và sự quan trọng của cảm biến 489
10.7.2 Công tắc định giới hạn cơ học (Công tắc định vị trí) 491
10.7.3 Cảm biến cảm ứng 493
10.7.4 Các hệ số hiệu chỉnh 493
10.7.5 Cảm biến điện dung 496
10.7.6 Cảm biến siêu âm 498
10.7.7 Cảm biến quang 501
10.7.7.1 Rào chắn ánh sáng một chiều 502
10.7.7.2 Rào chắn ánh sáng phản chiếu 502
10.7.7.3 Cảm biến ánh sáng phản chiếu 503
10.7.7.4 Cảm biến ánh sáng với triệt tiêu tín hiệu do phông phía sau 504
10.7.7.5 Cảm biến với cáp quang dẫn 505
10.7.7.6 Mạch điện tử cảm biến quang 507
10.7.7.7 Tiêu chí chọn lựa 508
10.7.8 Bộ đo số vòng quay làm cảm biến đo quãng đường và góc xoay 510
10.7.9 Cung cấp điện áp và nối tải 512
10.8 Điều khiển logic lập trình được PLC 514
10.8.1 Cấu tạo và cách vận hành 514
10.8.2 Hệ PLC thu gọn 514
10.8.1.2 Hệ điều khiển PLC cấu tạo kiểu mô-đun 514
10.8.1.3 Máy tính PC cho công nghiệp (Slot PLC) 514
10.8.1.4 Phần mềm PLC (Soft-PLC) 515
10.8.1.5 Nối dây trong PLC 515
10.8.1.6 Bộ xử lý trung tâm CPU 515
10.8.1.7 Nạp chương trình vào CPU; xóa toàn bộ 516
10.8.1.8 Xử lý chương trình theo chu kỳ (quét) 516
10.8.1.9 Những cổng vào, bảng mạch điện ngõ vào 517
10.8.1.10 Những cổng ra, bảng mạch điện ngõ ra 517
10.8.1.11 Cờ hiệu 518
10.8.2 Lập dự án 518
10.8.2.1 Hệ điều hành – Phần mềm 518
10.8.2.2 Chương trình ứng dụng 518
10.8.2.3 Cấu trúc chương trình 519
10.8.3 Những chức năng cơ bản 522

10.8.3.1 Công tắc thường mở; công tắc thường đóng 522
10.8.3.2 Những kết nối logic nhị phân 522
10.8.3.3 Chức năng AND 523
10.8.3.4 Chức năng OR 523
10.8.3.5 Chức năng lưu trữ 524
10.8.3.6 Đánh giá sườn tín hiệu 526
10.8.3.7 Chức năng định thời 526
10.8.3.8 Chức năng đếm (Hình 4) 527
10.8.3.9 Chức năng so sánh 528
10.8.4 Điều khiển theo trình tự 528
10.8.4.1 Giám sát tiến trình với chương trình PLC (lệnh báo lỗi) 531
10.8.4.2 Các chế độ vận hành của điều khiển trình tự 534
10.8.4.3 Những dạng cơ bản của điều khiển trình tự 534
10.8.5 An toàn vận hành của điều khiển 537

11 Kỹ thuật điều chỉnh 541

11.1 Các khái niệm cơ bản 541
11.2 Phần tử mạch điều chỉnh 542
11.2.1 Cơ cấu (khâu) điều chỉnh tỷ lệ không trễ (Cơ cấu P) 542
11.2.2 Cơ cấu điều chỉnh tỷ lệ (quán tính) với độ trễ bậc 1 (Cơ cấu PT_1) 542
11.2.3 Cơ cấu điều chỉnh tỷ lệ với độ trễ (quán tính) bậc 2 (Cơ cấu PT_2) 543
11.2.4 Cơ cấu điều chỉnh tích phân (Cơ cấu I) 544
11.2.5 Cơ cấu điều chỉnh vi phân (Cơ cấu D) 545
11.2.6 Cơ cấu điều chỉnh thời gian ngừng (cơ cấu T_t) 546
11.3 Các thiết bị điều chỉnh và các cơ cấu điều chỉnh 546
11.3.1 Bộ điều chỉnh tác động gián đoạn 546
11.3.2 Bộ điều chỉnh tác động liên tục 547
11.3.3 Bộ điều chỉnh số (digital) 549
11.4 Sự ổn định của mạch điều chỉnh 550

12 Các hệ thống bus trong kỹ thuật tự động hoá 551

12.1 Mô hình giao tiếp 555
12.2 Tô pô 557
12.3 Phương tiện truyền thông 559
12.4 Phân loại truyền dẫn 561
12.5 Phương thức truy cập bus 562
12.5.1 Phương thức chủ / khách (chủ động / thụ động) 562
12.5.2 Nguyên tắc thẻ (mã thông báo) 563
12.5.3 Phương thức CSMA 564
12.5.4 Phương thức CSMA/CA 565
12.6 Bảo đảm dữ liệu 565
12.7 Giao diện AS 566
12.7.1 Nguyên tắc vận hành của giao diện AS 566
12.7.2 Cách đặt cáp trong giao diện AS 568
12.7.3 Đưa vào vận hành một hệ thống thiết bị giao diện AS 570
12.7.4 Cấu trúc của thiết bị giao diện AS 572
12.7.5 Đặc tả giao diện AS 2.11 575
12.7.6 Đặc tả giao diện AS 3.0 577
12.7.7 Tính an toàn (safety) trong AS-I 577
12.8 PROFIBUS 577
12.8.1 PROFIBUS-DP 578
12.8.2 PROFIBUS-PA 580
12.9 Ethernet 584
12.9.1 PROFINET 588
12.10 Tóm tắt 589

13 Hệ thống cơ điện tử 591

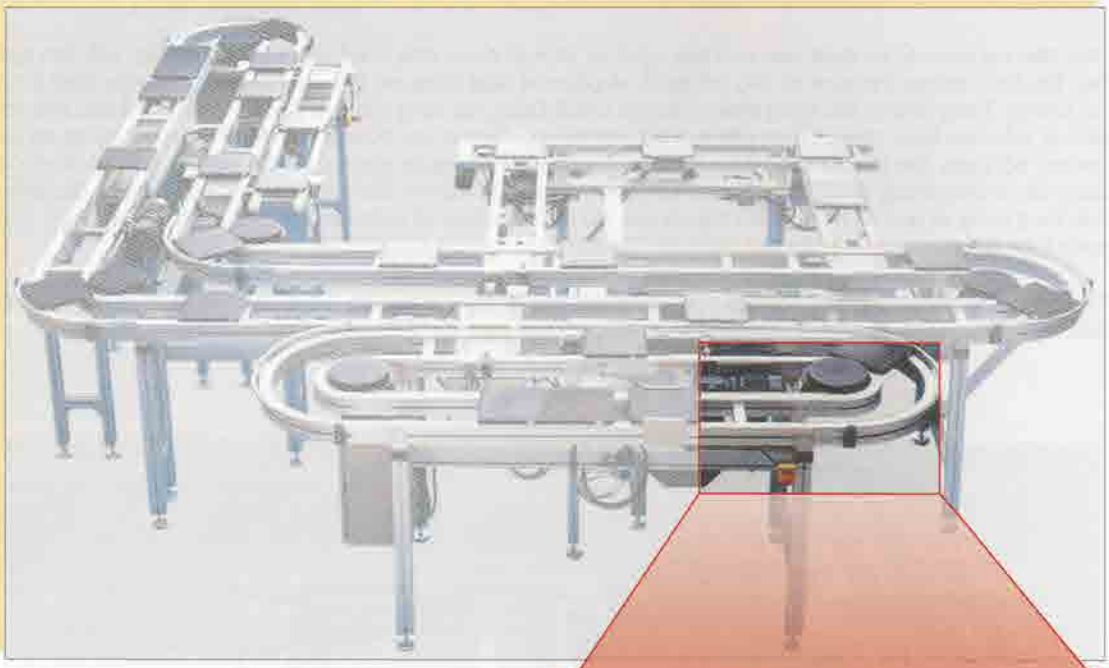
13.1 Các hệ thống thành phần của hệ thống cơ điện tử 591
13.2 Các thành phần của hệ thống cơ điện tử 592
13.2.1 Hệ thống con vận hành bằng cơ 592
13.2.2 Hệ thống con vận hành bằng thủy lực 592
13.2.3 Hệ thống con vận hành bằng khí nén 595
13.2.4 Hệ thống con vận hành bằng điện 596

14 Lắp ráp, đưa vào vận hành và bảo trì hệ thống cơ điện tử 605

14.1 Các công việc lắp ráp qua kết nối 605
14.1.1 Kết nối theo hình dạng 605
14.1.2 Kết nối bằng lực 606
14.1.3 Kết nối bằng vật liệu 606
14.2 Hoạt động lắp ráp kiểm tra và hiệu chỉnh 607
14.2.1 Hoạt động kiểm tra trước quá trình lắp ráp 607
14.2.2 Hoạt động kiểm tra trong khi lắp ráp 607
14.2.3 Hoạt động kiểm tra sau khi lắp ráp 607
14.3 Kế hoạch lắp ráp 608
14.3.1 Sơ đồ lắp ráp 609
14.3.2 Thí dụ một sơ đồ lắp ráp 609
14.4 Các hình thức tổ chức lắp ráp 610
14.5 Các thí dụ lắp ráp 612
14.5.1 Thí dụ về sơ đồ lắp ráp một khối van điện - khí nén trên đường ray chuẩn DIN 613
14.5.2 Đoạn trích từ sơ đồ lắp ráp của một thiết bị thao tác để thực hiện các giải pháp thao tác trong máy đúc phun 614
14.6 An toàn lao động trong quá trình lắp ráp 617
14.6.1 Những biện pháp an toàn phòng ngừa khi làm việc với máy móc, thiết bị và các hệ thống cơ điện tử 617
14.6.2 Các biện pháp khi có tai nạn lao động 618
14.6.3 Phòng cháy chữa cháy và các biện pháp trong trường hợp hỏa hoạn 619
14.6.4 Tiếp xúc với các chất độc hại 620
14.6.5 Những tiêu chuẩn an toàn máy móc 620
14.7 Đưa vào vận hành 621
14.7.1 Các đặc điểm của việc đưa vào vận hành 621
14.7.2 Những điều cơ bản về phương pháp đưa vào vận hành 624
14.7.3 Đưa vào vận hành các hệ thống thiết bị khí nén và điện-khí nén 626
14.7.4 Đưa vào vận hành các hệ thống thiết bị thủy lực và điện-thủy lực 626
14.7.5 Đưa vào vận hành các máy điện 627
14.7.6 Đưa vào vận hành bộ điều khiển lôgic lập trình được PLC 628
14.7.7 Lỗi khi thử nghiệm đưa vào vận hành các hệ thống cơ điện tử 628
14.8 Bảo trì các hệ thống cơ điện tử 631
14.8.1 Tiến trình của mức độ hư hỏng của hệ thống 631
14.8.2 Chiến lược bảo trì 632
14.8.3 Bảo dưỡng như là biện pháp bảo trì để phòng ngừa hư hỏng 633
14.8.4 Kiểm tra như là biện pháp để phòng ngừa hư hỏng 635
14.8.5 Tu sửa (sửa chữa) 636
14.8.6 Tìm lỗi để làm cơ bản cho việc tu sửa 636

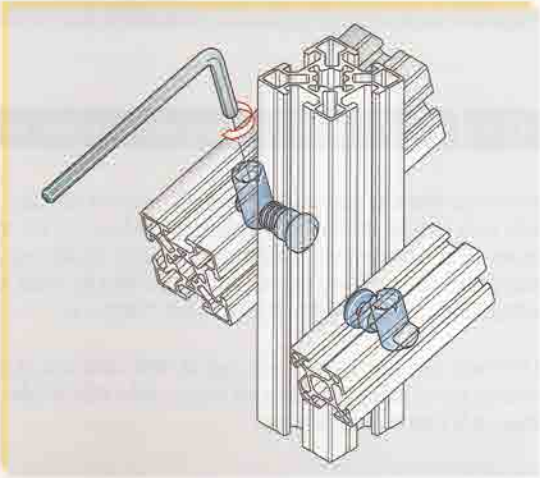
Danh sách nguồn gốc hình ảnh 639
Thuật ngữ Việt - Đức - Anh 640

LF2 Chế tạo những hệ thống con vận hành bằng cơ khí



Những hệ thống cơ điện tử luôn bao gồm những cấu kiện về cơ khí và những hệ thống được gia công từ những phôi hay bán thành phẩm. Như vậy, những phần tử riêng lẻ này được sử dụng để tạo thành hệ thống cơ điện tử. Hệ thống như trong hình được chế tạo từ bán sản phẩm "ống nhôm". Những thanh nhôm này khi cung cấp phải được "cắt" theo kích thước yêu cầu và có sẵn những lỗ khoan. Để làm được điều này, kỹ thuật viên cần phải biết và thành thạo những cơ bản về kỹ thuật vật liệu và phương pháp gia công.

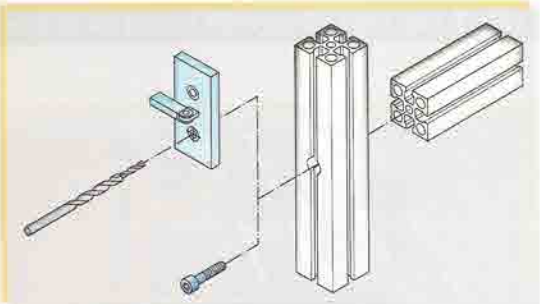
Lĩnh vực học tập 2 còn bao gồm những kiến thức cơ bản về kỹ thuật cần thiết để chế tạo, gia công, lắp ráp các loại vật liệu kim loại và cả chất dẻo, bao gồm kiến thức về cấu tạo, đặc tính và những lĩnh vực ứng dụng của vật liệu sử dụng, cũng như những quan điểm cho việc ứng dụng về phương diện kinh tế, sinh thái và quan trọng đối với sức khỏe.



Bên cạnh cấu trúc vật liệu, phương pháp gia công những chi tiết có sẵn từ những vật liệu cũng rất quan trọng. Trong lĩnh vực học tập 2, tất cả những phương pháp gia công sẽ được giới thiệu kỹ lưỡng để chuyên viên cơ điện tử sử dụng khi cần. Chương này gồm các phương pháp cắt gọt phoi, đặc biệt là rất nhiều phương cách ghép nối như dán, khớp nối ren (bù lông) và hàn vảy.

Khi gia công các chi tiết, các kỹ thuật viên cũng nên trao đổi với những người khác để tìm hiểu. Điều này có nghĩa là kỹ thuật viên trước hết phải có khả năng đọc và hiểu những bản vẽ kỹ thuật, sơ đồ, biểu đồ và đồ thị.

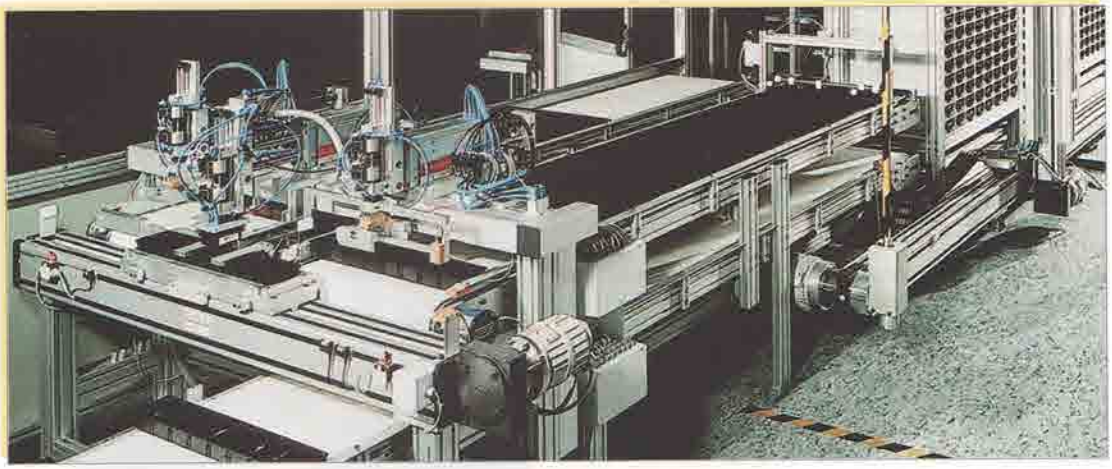
Xa hơn nữa kỹ thuật viên còn phải thiết lập những phác họa và mô tả những quá trình. Các cách chế tạo và kiến thức được giới thiệu trong lĩnh vực học tập này là điều kiện tiên quyết cho lĩnh vực học tập 10.

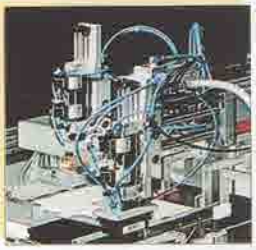


Bảng 1: Nội dung học tập của lĩnh vực 2

Nội dung học tập	Các chương chuyên ngành trong sách học
Bảng vẽ các nhóm cấu kiện, các cấu kiện đơn lẻ, bảng liệt kê chi tiết	2 Truyền thông kỹ thuật
Thành phần cơ khí, tính thích hợp và dung sai	6 Hệ thống cơ 7 Chế tạo hệ thống cơ
Sơ đồ lắp ráp, phần tử kết nối	6 Hệ thống cơ 14 Lắp ráp, đưa vào vận hành, bảo trì hệ thống cơ
Cơ bản về những phương pháp gia công cắt gọt và biến dạng bằng thủ công hay bằng máy	6 Hệ thống cơ
Chế tạo những kết nối cơ học	6 Hệ thống cơ
Vật liệu và phụ vật liệu riêng cho cơ xưởng	5 Vật liệu cơ xưởng và vật liệu phụ
Dụng cụ lắp ráp và những thiết bị phụ trợ	6 Hệ thống cơ 14 Lắp ráp, đưa vào vận hành, bảo trì hệ thống cơ
Lưu kho phù hợp với lắp ráp, an toàn và bảo hộ lao động	14 Lắp ráp, đưa vào vận hành, bảo trì hệ thống cơ
Phương tiện kiểm tra và đo lường	3 Kỹ thuật đo 4 Quản lý chất lượng

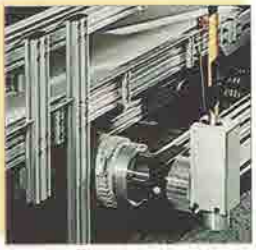
LF7 Thực hiện những hệ thống con cơ điện tử



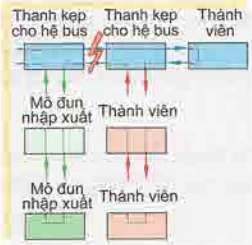


Thí dụ hệ điều khiển bằng khí nén

Thí dụ kỹ thuật cảm biến



Thí dụ hệ thống điện



Dòng thông tin trong hệ thống cơ điện tử

Lĩnh vực học tập 7 có liên hệ chặt chẽ với lĩnh vực học tập 8. Tại đây những cơ bản của kỹ thuật điều khiển được trình bày để có thể thiết kế hệ thống cơ điện tử diễn đạt ở chương 8 có thể thể hiện được. Bên cạnh việc đánh giá các khả năng sử dụng, cách hoạt động của các cơ cấu tác động và cảm biến, còn có nội dung trọng tâm là các vấn đề về điều khiển và điều chỉnh khi sử dụng khí nén, điện-khí nén, thủy lực, điện-thủy lực và hệ điều khiển PLC.

Bảng 1: Nội dung học tập của lĩnh vực 7

Nội dung học tập	Các chương chuyên ngành trong sách học
Chuỗi điều khiển và vòng điều chỉnh, sơ đồ khối	10 Kỹ thuật điều khiển 11 Kỹ thuật điều chỉnh
Những đại lượng đặc trưng (tham số đặc trưng) cho điều khiển và điều chỉnh	10 Kỹ thuật điều khiển 11 Kỹ thuật điều chỉnh
Cách hoạt động của cảm biến và các bộ biến đổi	10.6 Kỹ thuật cảm biến
Tính năng tín hiệu của cảm biến và các bộ biến đổi	10.6 Kỹ thuật cảm biến
Lập trình cho những quy trình chuyển động đơn giản và chức năng điều khiển	10 Kỹ thuật điều khiển
Phác thảo những mạch điện	10 Kỹ thuật điều khiển
Trình bày bằng họa đồ họa những trình tự về điều khiển và điều chỉnh	10 Kỹ thuật điều khiển 11 Kỹ thuật điều chỉnh
Đo tín hiệu	10.6 Kỹ thuật cảm biến
Những mạch cơ bản và cách hoạt động của hệ truyền động	10 Kỹ thuật điều khiển 9 Máy điện
Trình bày những đơn vị truyền động theo sơ đồ chức năng	10 Kỹ thuật điều khiển 9 Máy điện

10.3.2 GRAFCET

Sự mô tả điều khiển trình tự qua sơ đồ chức năng (sơ đồ khối OB, FB hoặc FC) theo DIN 40719 được thay thế theo tiêu chuẩn mới của Âu châu, DIN EN 60848 "GRAFCET" *(tiếng Pháp: **GRA**phe **F**onctionnel de **C**ommande **E**tape **T**ransition = Mô tả chức năng điều khiển bằng đồ họa với bước và điều kiện chuyển tiếp)*. Trình tự điều khiển được trình bày rõ ràng qua GRAFCET. GRAFCET mô tả phương thức thiết lập dự án độc lập, không phụ thuộc vào kiểu thực hiện với thiết bị kỹ thuật (khí nén, điện-khí hay thủy lực).

GRAFCET được cấu tạo dựa trên những biểu tượng (**Hình 1**) tiêu chuẩn. Cơ bản gồm có:

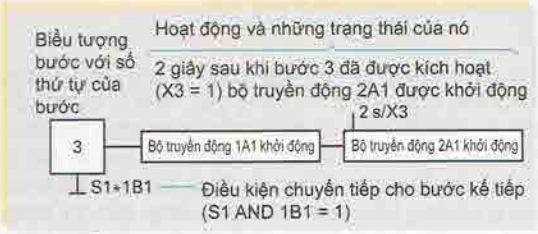
- **Bước**. Một hay nhiều hoạt động được bố trí trong một bước. Mỗi bước được biểu diễn bằng một hình chữ nhật được đánh số thứ tự trong khung. Mỗi hoạt động có thể có tính năng khác nhau. Những tính năng này được biểu thị qua những ký tự bổ sung tương ứng (xem sách Cẩm nang).
- **Điều kiện chuyển tiếp** (còn gọi là transition) là những điều kiện cho sự chuyển tiếp từ bước trước đó đến bước kế tiếp, được ghi bên cạnh đường nằm ngang. Tại đây sử dụng thêm các biểu tượng của kết nối logic để mô tả rõ hơn.
- **Đường nối các tác dụng**. Những bước và những điều kiện chuyển tiếp được nối với nhau. Mũi tên chỉ chiều tác dụng được ghi vào GRAFCET, khi chiều tác dụng không đi từ trên xuống dưới.

Để đảm bảo tiến trình điều khiển, cần tuân thủ những quy tắc như sau:

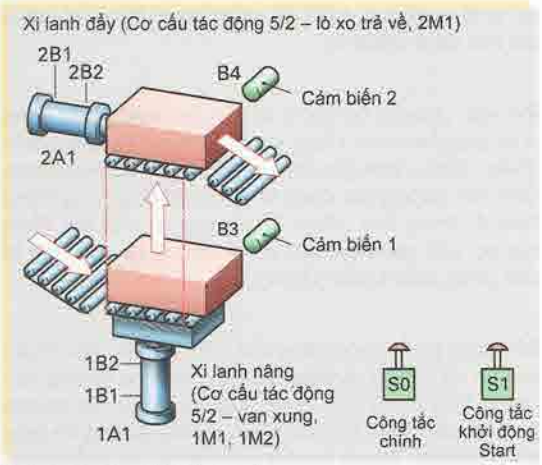
1. Luôn luôn phải có một bước khởi đầu (nhận ra ở trong khung kép). Nó cho biết trạng thái của sự điều khiển ngay sau khi mở mạch.
2. Để tiến trình của điều khiển không bị lỗi, bước và điều kiện chuyển tiếp phải luôn luôn tráo đổi nhau.
3. Luôn luôn chỉ có một bước đang hoạt động.
4. Trong một bước có thể có nhiều hoạt động (công tác).
5. Cấu trúc trình tự có thể được chia nhánh (chia nhánh chọn lựa hay chia nhánh song song) và kết hợp lại với nhau.

Thí dụ:

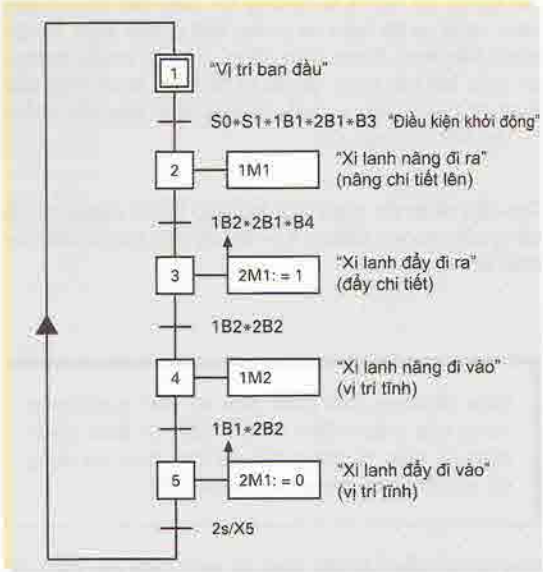
Những chi tiết gia công (**Hình 2** và **3**) được xi lanh 1A1 nâng lên và khi chi tiết ở vị trí cuối cùng trên cao, nó được xi lanh 2A1 đẩy đi. Sau đó 1A1 và tiếp đến 2A1 được kéo trở về. Vị trí cuối cùng của hai xi lanh được nhận biết qua cảm biến giới hạn.



Hình 1: Biểu tượng trong GRAFCET



Hình 2: Sơ đồ vị trí thiết bị nâng



Hình 3: Biểu tượng GRAFCET thiết bị nâng

10.3.3 Biểu đồ trạng thái

Để mô tả điều khiển trình tự, bắt buộc phải sử dụng GRAFCET. Nhưng khi ta phải làm rõ hơn mối liên quan bằng đồ họa theo thời gian và chức năng trong một kết nối logic thuần túy, thì không thể sử dụng GRAFCET. Sự lệ thuộc tương quan này được giải thích dựa vào **biểu đồ trạng thái**.

Tại đây, những bước riêng lẻ được ghi hàng ngang theo thời gian, trong khi trạng thái - hay vị trí chuyển mạch cho mỗi phần tử điều khiển được trình bày theo chiều dọc. Ở xi lanh là trạng thái là *đi ra* hay *đi vào*, ở van là *tác động* hay *không tác động*. Một biểu đồ chức năng (đường biểu diễn một chức năng) biểu thị trạng thái chuyển mạch trong nhiều bước nối tiếp nhau (**Hình 1**). Khi trạng thái của một thành phần cấu tạo rời khỏi vị trí tĩnh, biểu đồ chức năng được vẽ bằng nét liền đậm (**Hình 1**).

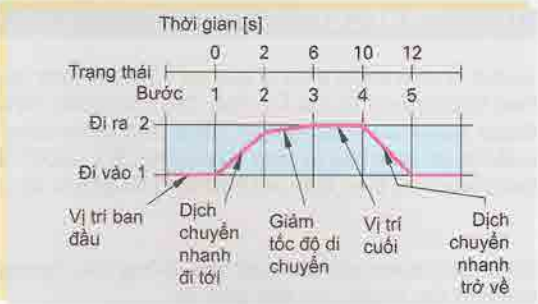
Khi van chuyển đổi từ vị trí chuyển mạch này sang vị trí chuyển mạch khác, không cần mô tả bước điều khiển. Vì vậy, thời gian chuyển đổi ở van được bỏ qua. Cho nên đường tác dụng là đường thẳng đứng trong biểu đồ trạng thái (**Hình 2**). Ngược lại, một tác động của cơ cấu vận hành (thí dụ xi lanh đi ra – đi vào) là một bước điều khiển (**Hình 1**).

Bên cạnh tuyến chức năng của các cấu kiện điều khiển còn có vẽ những **đường tín hiệu**. Những đường này cho ta thấy rõ sự phụ thuộc (kết nối logic) của những tín hiệu với nhau. Để phân biệt những đường tín hiệu trong biểu đồ, người ta vẽ ở chỗ bắt đầu và cuối chênh nhau 45°. Mũi tên ở trên điểm tín hiệu cho biết hướng tác dụng; có nghĩa là đường tín hiệu bắt đầu ở cấu kiện, phát ra tín hiệu và chấm dứt ở cấu kiện, tại đó bước tiếp theo được khởi động. Nếu có nhiều đường tín hiệu kết nối logic, thì sẽ rõ hơn khi ta vẽ một dấu gạch "/" hay "\" cho sự kết nối logic AND hay dấu chấm "." cho kết nối logic OR.

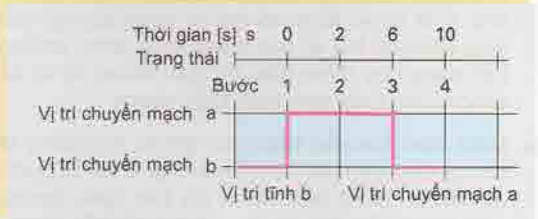
Cơ cấu phát tín hiệu của hệ điều khiển được mô tả bằng biểu tượng (**Bảng 1**) – không phụ thuộc vào loại thiết kế.

> Biểu đồ trạng thái minh họa sự liên quan chức năng của mạch điều khiển. Đối với điều khiển trình tự, biểu đồ trạng thái chỉ còn được sử dụng để giải thích bổ sung cho GRAFCET.

Những chỉ dẫn chi tiết hơn về việc thiết lập biểu đồ trạng thái xin xem Cẩm nang.



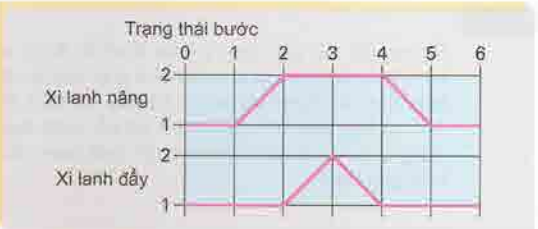
Hình 1: Những đường biểu diễn chuyển dịch của xi lanh



Hình 2: Những đường biểu diễn chức năng tại van có 2 vị trí chuyển mạch

Bảng 1: Chọn lựa ký hiệu chuyển mạch trong biểu đồ chức năng (trích)

Những cơ cấu phát tín hiệu (tác động bằng cơ bắp con người)			
	BẬT ON		ĐIỀU KHIỂN BẰNG CẢ HAI TAY
	TẮT OFF	E A	CÔNG TẮC CHỌN LỰA
	BẬT/TẮT		NGUY HIỂM - TẮT MẠCH
	TỰ ĐỘNG		
Những đường tín hiệu và liên kết logic tín hiệu			
	Những đường tín hiệu		Điều kiện AND
	Chia nhánh tín hiệu		Điều kiện OR

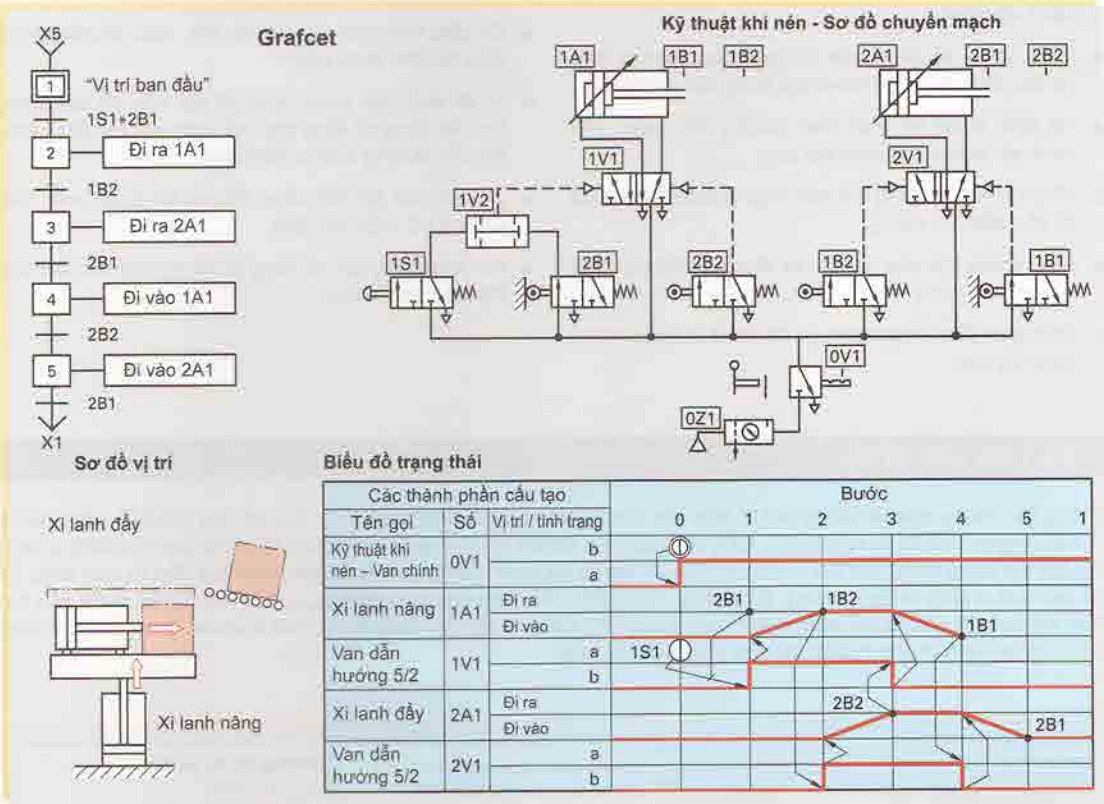


Hình 3: Biểu đồ trạng thái được đơn giản hóa của thiết bị nâng ở trang 419

10.3.4 Sơ đồ chuyển mạch

Trong sơ đồ chuyển mạch người ta mô tả sự điều khiển bằng những biểu tượng của cấu kiện được chuẩn hóa. Nghĩa là phải xác định kiểu thực hiện kỹ thuật thiết bị (thí dụ: khí, điện-khí hay thủy lực). Những quy tắc cho việc cấu tạo các sơ đồ chuyển mạch có thể trích ra từ Cẩm nang. Ngày nay, chương trình CAD (Computer Aided Design = Thiết kế hỗ trợ bằng máy tính) giúp dự thảo những sơ đồ chuyển mạch, đồng thời qua đó có thể mô phỏng chức năng của sơ đồ chuyển mạch.

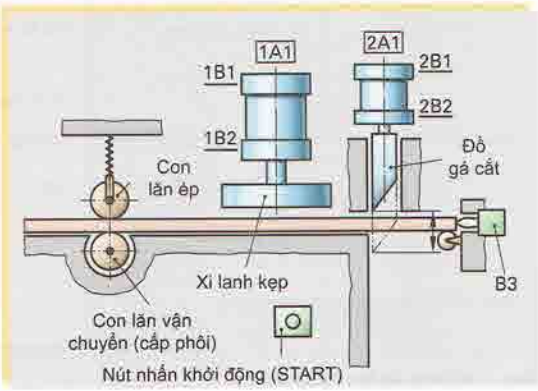
Thông thường, **sơ đồ vị trí** – bên cạnh sơ đồ chuyển mạch – bổ túc đầy đủ việc chỉ dẫn vận hành và lắp ráp. Những sơ đồ vị trí này còn bổ sung cho tài liệu của thiết bị, bởi vì sơ đồ này chỉ đơn giản trình bày vị trí theo không gian của các linh kiện điều khiển.



Hình 1: Sơ đồ vị trí, sơ đồ chuyển mạch GRAFCET và biểu đồ trạng thái của một thiết bị nâng (Chỉ dẫn: Sự nối tiếp các bước khác trong thí dụ trang 419)

Bài tập:

1. Hãy phác họa van dẫn hướng 5/3 theo mặt trước **Hình 2 Trang 417** với.
   a) Vị trí giữa bị chặn và
   b) Vị trí giữa linh hoạt
   và mô tả phương thức tác dụng
2. Máy ở hình bên dùng để cắt những tấm tôn theo chiều dài.
   a) Hãy thiết kế GRAFCET
   b) Hãy thiết kế biểu đồ trạng thái
   c) Hãy thiết kế sơ đồ chuyển mạch bằng khí nén



11 Kỹ thuật điều chỉnh

11.1 Các khái niệm cơ bản

Khái niệm về **điều khiển** và **điều chỉnh** thường được sử dụng trong ngôn ngữ thông dụng hằng ngày cũng như khi đề cập đến sự kết nối các quá trình kỹ thuật. Sự khác biệt giữa điều khiển và điều chỉnh đã được giải thích cặn kẽ trong mục 10.1.

Trong kỹ thuật điều khiển và điều chỉnh, sự liên hệ giữa những thành phần cấu tạo riêng lẻ được mô tả bằng cách dùng sơ đồ tác dụng (sơ đồ khối). Điều này cũng đã được giải thích trong mục 10.1.

Hình 1 biểu diễn sơ đồ tác dụng của hệ điều chỉnh có đôi chỗ khác với cách trình bày trong mục 10.1.

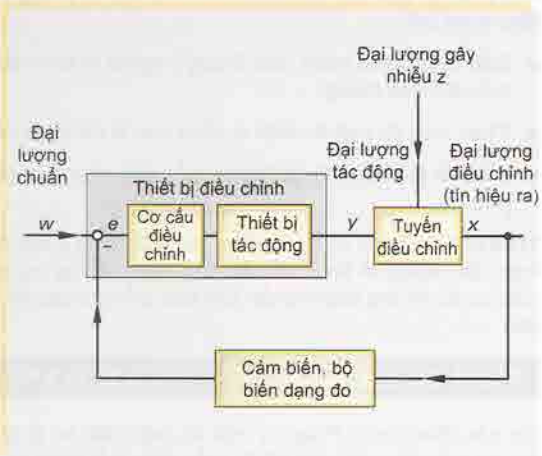
Hãy quan sát thí dụ về điều chỉnh nhiệt độ trong của bể hàn nhúng, ta thấy sơ đồ tác dụng như sau. Đại lượng cần được điều chỉnh, gọi là **đại lượng điều chỉnh (tín hiệu ra) *x*** (ở đây là nhiệt độ của chất hàn thiếc) được đo bằng cảm biến và được so sánh với **đại lượng chuẩn (tín hiệu vào) *w*** (còn gọi là đại lượng cài đặt, đại lượng định trước) (có trị số cài đặt, ở đây là nhiệt độ mong muốn của chất hàn thiếc).

Độ sai biệt giữa đại lượng chuẩn và đại lượng hồi tiếp được ký hiệu là độ sai biệt điều chỉnh. Nếu không có lỗi xuất hiện thì đại lượng hồi tiếp (tín hiệu vào) giống đại lượng chuẩn *w* cho nên **sai biệt điều chỉnh *e*** là 0. Nếu đại lượng điều chỉnh *x* thay đổi do ảnh hưởng của **đại lượng gây nhiễu *z*** (ở đây do sự nguội đi của nhiệt độ chất hàn thiếc) thì ta sẽ có sai biệt cần điều chỉnh. Qua cơ cấu điều chỉnh và thiết bị tác động (còn gọi là thiết bị tác chỉnh hành) sẽ tạo ra **đại lượng tác động *y***. Đại lượng này tác động lên tuyến điều chỉnh, sao cho đại lượng điều chỉnh *x* trở lại bằng với đại lượng chuẩn *w*.

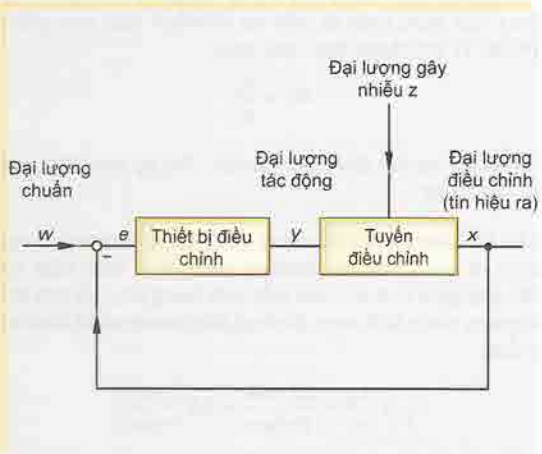
Quá trình điều chỉnh được thể hiện qua **tuyến điều chỉnh (đối tượng điều chỉnh)**. Trong thí dụ bể hàn mô tả trên, tuyến điều chỉnh là sự tác động hỗ tương giữa thiết bị nung nóng có tín hiệu vào là đại lượng tác động *y*, với đại lượng điều chỉnh, và cũng có thể với đại lượng gây nhiễu *z*.

> Điều chỉnh luôn là một đường tác động khép kín.
>
> Điều khiển luôn là một đường tác động mở.

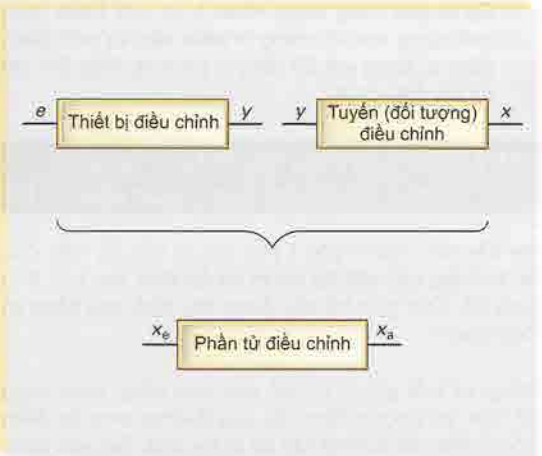
Thông thường trong đa số kỹ thuật điều chỉnh, sơ đồ tác động rút gọn được sử dụng như **Hình 2**. Ở đây chỉ có thiết bị điều chỉnh được xem là kết nối giữa cơ cấu điều chỉnh và thiết bị tác động. Cảm biến hay các bộ biến dạng đo không được đề cập đến.



Hình 1: Sơ đồ tác dụng của hệ điều chỉnh



Hình 2: Sơ đồ tác dụng của hệ điều chỉnh rút gọn



Hình 3: Phần tử mạch điều chỉnh

11.2 Phần tử mạch điều chỉnh

Một phần tử cấu tạo mạch điều chỉnh **(Hình 3, trang 541)**, gồm cả thiết bị điều chỉnh lẫn tuyến điều chỉnh, được đặc trưng bởi:

- Đáp ứng bước nhảy (bậc thang), nghĩa là tính năng ở cổng ra, khi tín hiệu cổng vào được tạo ra bởi một biến đổi bậc thang,
- Phản ứng do một tín hiệu ở cổng vào là hình sin và
- Biểu đồ Bode, nghĩa là đường biểu diễn theo logarit tần số của sự biến thiên (tỷ lệ) biên độ và độ dịch chuyển pha.

Thiết bị điều chỉnh và tuyến điều chỉnh thường được diễn tả bằng những thành phần căn bản hoặc bằng sự kết hợp của chúng sẽ được đề cập đến trong những trang tới. Thiết bị điều chỉnh và tuyến điều chỉnh thường được cấu tạo từ những thành phần căn bản giống nhau. Vì thế chúng sẽ được trình bày song song trong những mục sau.

11.2.1 Cơ cấu (khâu) điều chỉnh tỷ lệ không trễ (Cơ cấu P)

Cơ cấu điều chỉnh P tạo ra một tín hiệu đầu ra tỷ lệ với tín hiệu đầu vào. Hệ số K_p biểu diễn mối quan hệ giữa trị số đầu ra với trị số đầu vào được gọi là hệ số khuếch đại. Điều này cũng đúng cả khi K_p<1, và như vậy thực chất là một sự (khuếch đại) suy giảm **(Hình 1)**. Nó được tính như sau:

$$K_p = \frac{x_a}{x_e}$$

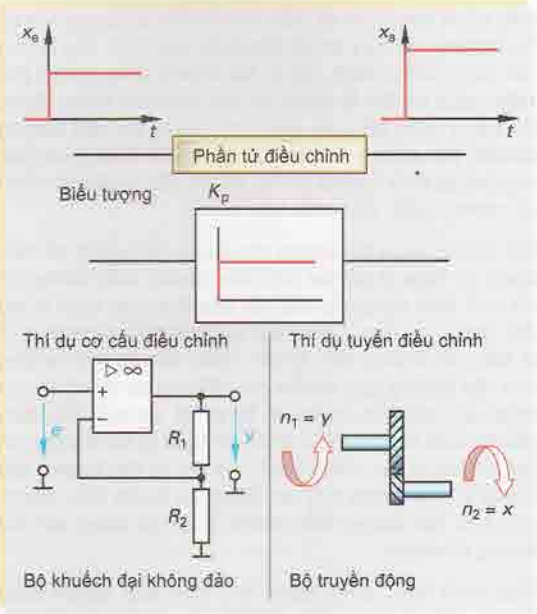
Trị số K_P có thể định kích thước. Thí dụ sau đây làm rõ điểm này:

Một bộ cảm biến đo khoảng cách cung ứng một dòng điện ra I_A = 0 mA, khi khoảng cách giữa cảm biến và đối tượng là 0 mm. Cảm biến này cung ứng 20 mA khi khoảng cách là 8 mm. Đường đặc trưng sẽ là đường thẳng.

$$K_p = \frac{x_a}{x_e} = \frac{20\ \text{mA}}{8\ \text{mm}} = 2{,}5\left[\frac{\text{mA}}{\text{mm}}\right]$$

Bài tập:

Bộ truyền động trong **Hình 1** có một bánh răng chủ động với 150 răng ở phía vào và một bánh răng bị động với 50 răng ở phía ra. Hãy tính hệ số khuếch đại K_p.

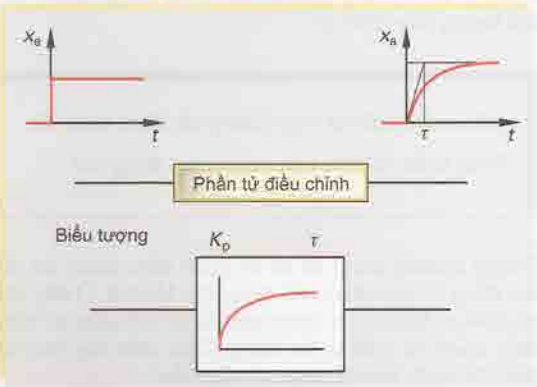


Hình 1: Cơ cấu điều chỉnh P

11.2.2 Cơ cấu điều chỉnh tỷ lệ (quán tính) với độ trễ bậc 1 (Cơ cấu PT1)

Cơ cấu điều chỉnh bậc 1 PT_1 tạo ra một tín hiệu đầu ra; tín hiệu này chỉ đạt tới trị số ổn định sau một thời gian trễ. Thời gian trễ này được xác định qua hằng số thời gian τ.

Hằng số thời gian τ có thể xác định bằng cách dùng đồ họa, vẽ đường tiệm cận của đường cong tại điểm gốc và kéo dài đường này tới trị ổn định. Tại giao điểm của đường tiệm cận và trị số ổn định ta có thể xác



Hình 2: Cơ cấu điều chỉnh PT_1

định hằng số thời gian. Trong thực hành ta có thể thừa nhận rằng sau khoảng 5 · τ thì sẽ đạt được trị số ổn định.

Cũng như tại cơ cấu P, hệ số khuếch đại K_p được xác định bằng tỷ số giữa trị số cuối và trị số đầu vào.

> Cơ cấu PT_1 không được dùng làm cơ cấu điều chỉnh, nhưng thường được dùng trên tuyến điều chỉnh.

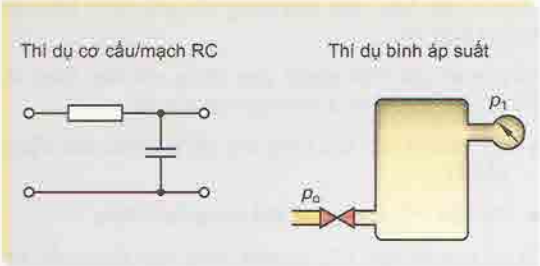
Liên hệ giữa đầu vào và đầu ra được diễn tả bằng một hàm số lũy thừa như sau:

$$x_a = K_p \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) \cdot x_e$$

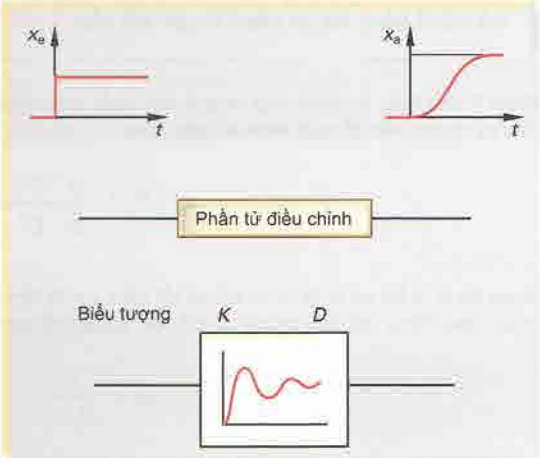
Trong thí dụ mạch RC ở **Hình 1**, τ được xác định như sau:

$$\tau = R \cdot C$$

Ngoài hằng số thời gian τ, cơ cấu PT_1 còn luôn có phần chứa năng lượng. Những thí dụ trong thực tế với cơ cấu PT_1 được dùng như bình áp suất được trình bày ở **Hình 1** hay sự thay đổi nhiệt độ trong lò nhiệt luyện cũng như thiếc nhúng trong bồn.



Hình 1: Những thí dụ cơ cấu PT_1



Hình 2: Cơ cấu PT_2

11.2.3 Cơ cấu điều chỉnh tỷ lệ (quán tính) với độ trễ bậc 2 (Cơ cấu PT_2)

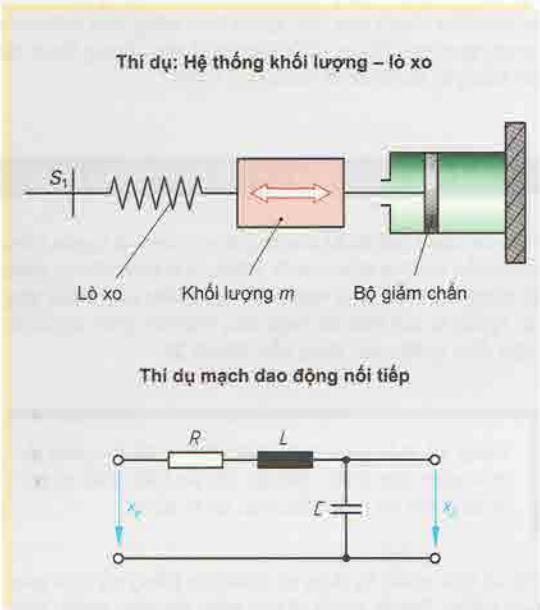
Một cơ cấu PT_2 gồm có hai bộ trữ năng lượng gắn nối tiếp. Đó có thể hoặc là hai bộ trữ năng lượng cùng loại, thí dụ hai mạch RC mắc nối tiếp, hoặc hai bình áp suất gắn nối tiếp, hoặc hai bộ trữ năng lượng khác loại. Tín hiệu đáp ứng bậc thang của một cơ cấu PT_2 được biểu diễn trong **Hình 2**, thí dụ trong **Hình 3**.

> Cơ cấu PT_2 trong thực tế thường chỉ xuất hiện trong tuyến điều chỉnh.

Khi một tuyến điều chỉnh gồm có hai bộ trữ năng lượng cùng loại gắn nối tiếp, thì được biểu thị bằng hai cơ cấu PT_1 gắn nối tiếp. Chúng hoàn toàn có thể có hằng số thời gian khác nhau.

Cách hoạt động của một cơ cấu PT_2 được diễn tả rõ ràng bằng cách dùng một mạch dao động nối tiếp như trong **Hình 3**. Điều nổi bật là tín hiệu đáp ứng bước nhảy có diễn biến đường cong khác biểu tượng của cơ cấu PT_2 **(xem Hình 1 trang tới)**.

Tín hiệu đáp ứng bước nhảy của một mạch dao động nối tiếp không bị giảm rung ($R = 0\ \Omega$) là một dao động hình sin. Vì trong mạch dao động lý tưởng này không



Hình 3: Những thí dụ cơ cấu PT_2

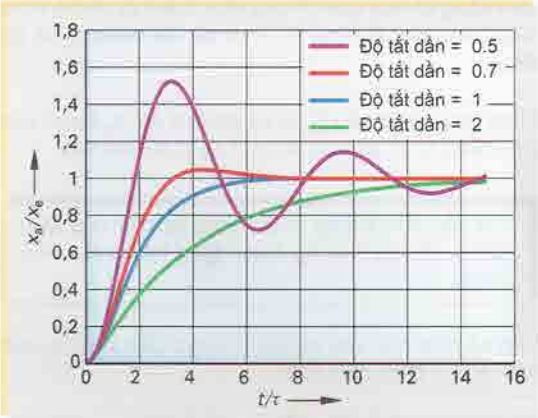
có gì bị tiêu hao, nên dao động vẫn giữ được biên độ không thay đổi.

Hãy quan sát một mạch dao động nối tiếp thực tế ($R \neq 0\ \Omega$), có thể có 2 trường hợp xảy ra:

- Cơ cấu PT_2 có khả năng dao động (khâu dao động bậc 2)
- Cơ cấu PT_2 không có khả năng dao động

Ta có một cơ cấu PT_2 có khả năng dao động nếu hệ số tắt dần D nằm giữa 0 và 1. Với hệ số tắt dần > 1 ta có một cơ cấu PT_2 không có khả năng dao động.

> Một cơ cấu PT_2 không có khả năng dao động có thể mô tả bằng hai cơ cấu PT_1 gắn nối tiếp.



Hình 1: Tín hiệu đáp ứng bước nhảy của một cơ cấu PT_2

Hình 1 cho thấy tín hiệu đáp ứng bước nhảy cho những hệ số suy giảm khác nhau. Quan hệ giữa đầu vào và đầu ra được diễn tả qua hàm số như sau:

$$x_a = K\left(1 - \frac{e^{-D\omega_o t}}{\sqrt{1-D^2}} \sin\sqrt{1-D^2}\cdot\omega_o t - \varphi\right)\cdot x_e$$

trong đó K là hệ số tỷ lệ, D là hệ số tắt dần, ω_o là tần số góc riêng và φ là góc lệch pha. Trong trường hợp một mạch dao động nối tiếp thì hệ số tắt dần và tần số góc riêng được tính như sau:

$$\omega_o = \frac{1}{\sqrt{LC}}; \qquad D = \frac{1}{2}\cdot R\cdot\sqrt{\frac{C}{L}}$$

Hệ số tỷ lệ được tính là thương số của trị số đầu ra x_a với trị số đầu vào x_e lúc hệ thống đã đạt được tới tình trạng dao động ổn định. Những trị số này là những đại lượng đặc trưng và được biểu thị bằng biểu tượng trưng trong **Hình 2** ở trang trước.

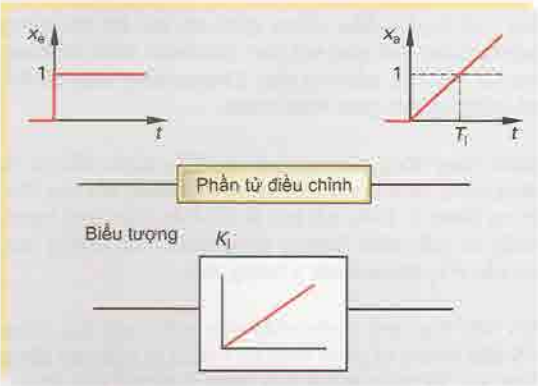
Cơ cấu PT_2 có một ý nghĩa đặc biệt trong kỹ thuật điều chỉnh. Ở đây người ta tìm cách thiết kế phần tử cấu tạo mạch điều chỉnh sao cho nó có tính năng của một cơ cấu PT_2 có khả năng dao động. Tuy nhiên phải lưu ý là độ vượt ngưỡng (độ vọt lố) không quá lớn. Trong thực hành ta thấy hệ số tắt dần $D = 0{,}7$ là tốt nhất nếu biên độ tối đa bằng trị số ổn định muốn có + 5%.

11.2.4 Cơ cấu điều chỉnh tích phân (Cơ cấu I)

Các cơ cấu I **(Hình 2)** thường được xem là tuyến điều chỉnh lẫn thiết bị điều chỉnh. Phép tích phân được hiểu là cộng tín hiệu đầu vào một cách liên tục. Điều này có nghĩa là với một tín hiệu đầu vào cố định, ta có tín hiệu đầu ra liên tục tăng dần **(Hình 2)**.

> Hằng số thời gian tích phân được định nghĩa là thời gian cần thiết, cho tới khi tín hiệu đầu ra có trị số 1 khi tín hiệu đầu vào có trị số 1.

Hệ số tích phân K_I là trị số đảo của hằng số thời gian tích phân. Đó là trị số được biểu thị như trong biểu tượng.



Hình 2: Cơ cấu I

Quan hệ toán học giữa đầu ra và đầu vào như sau:

$$x_a(t) = K_I \cdot \int x_e(t)dt$$

Trong trường hợp $x_e(t)$ = không đổi, ta có:

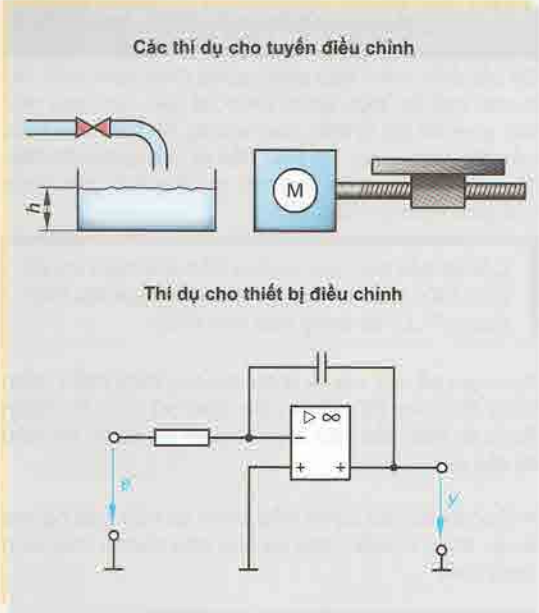
$$x_a = K_I \cdot x_e \cdot t$$

Những thí dụ cho tuyến điều chỉnh có tính năng I là: độ cao nạp đầy thùng và sự truyền động dẫn tiến. Trong thí dụ đầu tiên ta thấy mức đổ đầy tăng đều đặn nếu bình chứa được đổ với một ống dẫn có lưu lượng không đổi **(Hình 1)**. Tương tự, bàn trượt của bộ truyền động dẫn tiến chạy với vận tốc không đổi, nếu số vòng quay của động cơ không đổi. Như vậy đường trượt tăng lên đều đặn.

Thiết bị điều chỉnh có tính năng I luôn được dùng trong trường hợp sau khi điều chỉnh thành công ta không muốn có độ sai lệch điều chỉnh nữa.

Bài tập:

Hãy tính hệ số tích phân K_I của một bình chứa với diện tích đáy 1 m^2 khi bình này được nạp đầy với một lưu lượng 5 l/s.



Hình 1: Cơ cấu điều chỉnh I

11.2.5 Cơ cấu điều chỉnh vi phân (Cơ cấu D)

Cơ cấu điều chỉnh D cung cấp một tín hiệu đầu ra có độ dốc tỷ lệ với tín hiệu đầu vào. Nếu tín hiệu đầu vào tăng lên đều đặn thì tại đầu ra ta có tín hiệu không đổi **(Hình 2)**.

Nếu tín hiệu đầu vào là một tín hiệu bước nhảy, thì tín hiệu đáp ứng bước nhảy là một xung ngắn tại thời điểm nhảy của tín hiệu đầu vào. Còn những lúc khác thì độ dốc của tín hiệu đầu vào bằng 0 và như thế tín hiệu đầu ra cũng bằng 0. Quan hệ giữa đầu ra và đầu vào được tính như sau:

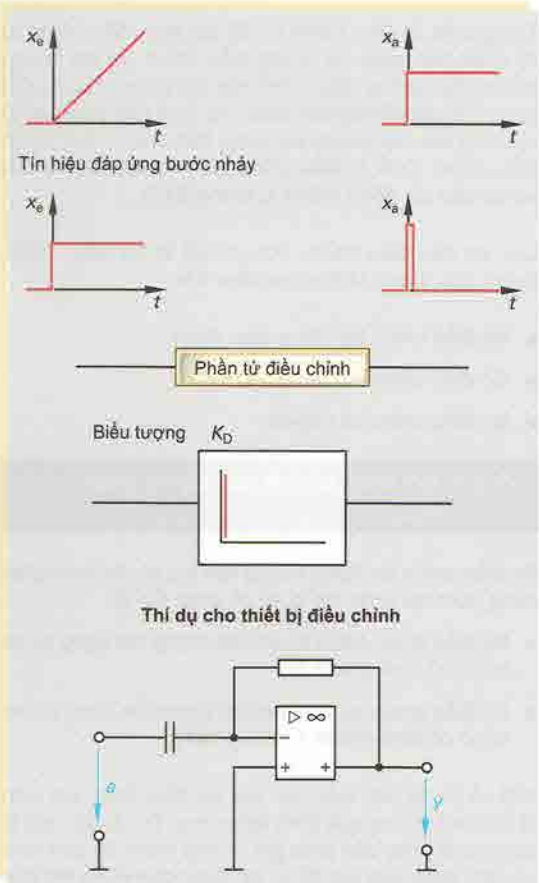
$$x_a(t) = K_D \cdot \frac{\Delta x_e(t)}{\Delta t}$$

Trị số K_D được gọi là hệ số vi phân.

Tính năng D trên thực tế không được dùng trong tuyến điều chỉnh. Tính năng D được dùng trong thiết bị điều chỉnh cho những trường hợp khi cần phản ứng nhanh cho biến đổi của độ sai lệch điều chỉnh. Tuy nhiên nó chỉ được dùng trong kết nối với các cơ cấu điều chỉnh P và I, lý do là với sai lệch điều chỉnh không đổi thì tính năng D không tạo được bất kỳ sự điều chỉnh nào.

Bài tập:

Một độ thay đổi vận tốc 10 m/s đưa tới một độ thay đổi dòng điện 5 mA/s. Hãy tính hệ số vi phân.



Hình 2: Cơ cấu điều chỉnh D

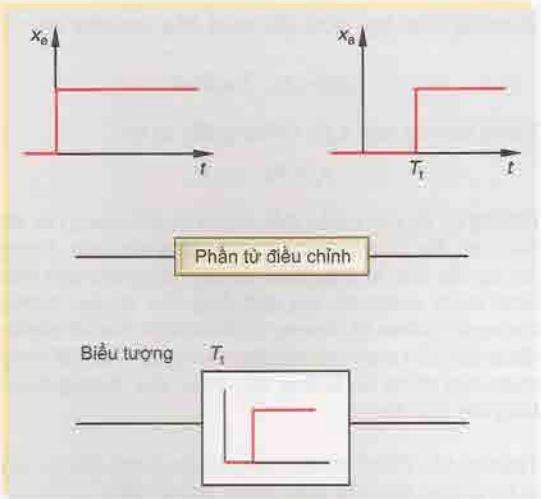
11.2.6 Cơ cấu điều chỉnh thời gian ngừng (cơ cấu T_t)

Cơ cấu điều chỉnh thời gian ngừng (thời gian chết) tạo ra cho một tín hiệu bước nhảy tại đầu vào, sau một thời gian trễ gọi là thời gian ngừng, tín hiệu đầu ra bị biến đổi hình dạng. Tín hiệu đầu ra giống như tín hiệu đầu vào nhưng chậm hơn một khoảng thời gian bằng thời gian ngừng **(Hình 1)**.

> Các cơ cấu thời gian ngừng luôn xuất hiện khi xử lý tín hiệu cho những bộ điều khiển logic lập trình được (PLC) và trong máy tính (PC).

Sự chậm trễ này xảy ra là do chương trình phần mềm trong PLC hay PC cần có thời gian xử lý từ lúc nhận được tín hiệu đầu vào đến lúc thiết lập được tín hiệu tại đầu ra.

Những thí dụ cho tuyến điều chỉnh có thời gian ngừng là các băng chuyền, hay sự pha trộn những chất lỏng đang chảy.



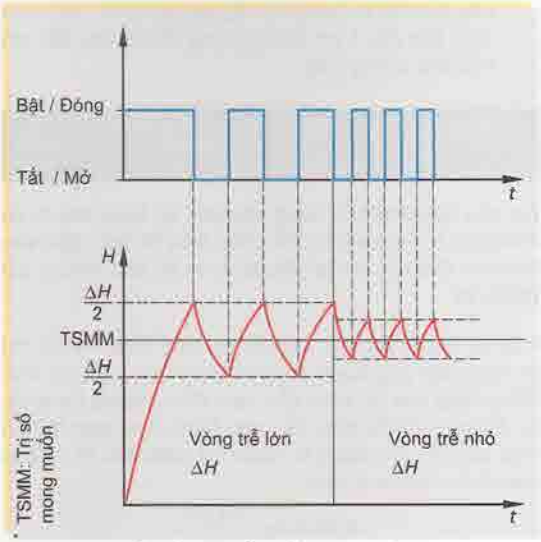
Hình 1: Cơ cấu điều chỉnh thời gian ngừng

11.3 Các thiết bị điều chỉnh và các cơ cấu điều chỉnh

Trong thiết bị điều chỉnh thì độ sai lệch điều chỉnh là độ khác biệt giữa đại lượng điều chỉnh với đại lượng chuẩn, đại lượng điều chỉnh này đã được chuyển đổi từ bộ chuyển đổi/bộ cảm biến. Sai lệch này được xử lý và dùng làm đại lượng tác động (tác chỉnh) cho tuyến điều chỉnh. Thiết bị điều chỉnh gồm cơ cấu điều chỉnh và cơ cấu tác động **(Hình 1, trang 541)**.

Các cơ cấu điều chỉnh, còn gọi tắt là bộ điều chỉnh, được chia thành những loại như sau:

- Bộ điều chỉnh tác động gián đoạn
- Bộ điều chỉnh tác động liên tục
- Bộ điều chỉnh số (digital)



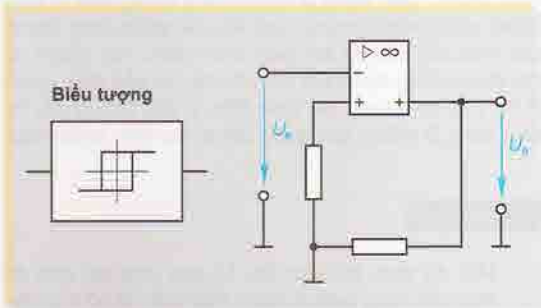
Hình 2: Đặc tuyến của bộ điều chỉnh hai vị trí

11.3.1 Bộ điều chỉnh tác động gián đoạn

Bộ điều chỉnh tác động không liên tục có đại lượng tác động gồm hai hoặc ba trị số cố định. Đó là:

- Bộ điều chỉnh hai vị trí, khi đại lượng tác động có ba trị số cố định **(Hình 2)**.
- Bộ điều chỉnh ba vị trí, khi đại lượng tác động có hai trị số cố định **(Hình 1, trang 547)**.

Một số thí dụ tiêu biểu cho các bộ điều chỉnh hai vị trí là hầu hết những quá trình làm nóng. Thí dụ khi một lò chứa chất lỏng cần phải giữ ở một nhiệt độ gần như cố định được bật lên, thì lò sẽ được đun nóng lên đến nhiệt độ được hiệu chỉnh trước (trị số mong muốn).



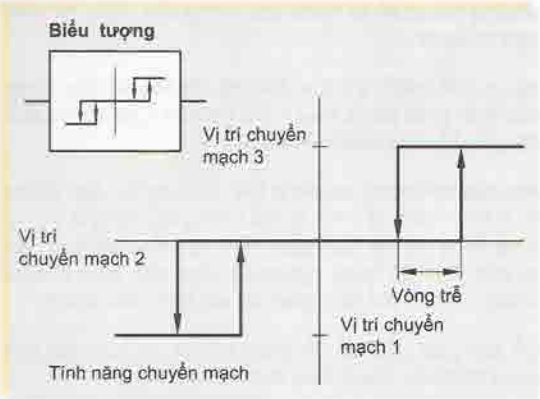
Hình 3: Bộ điều chỉnh hai vị trí

Khi tới nhiệt độ này, lò sẽ được tắt đi. Nhiệt độ chất lỏng vì thế sẽ giảm dần cho đến khi tới một trị số cận dưới. Từ đây chất lỏng lại được gia nhiệt (hâm nóng).

> Các bộ điều chỉnh hai vị trí trên căn bản luôn có hiện tượng trễ lúc chuyển mạch (vòng trễ hysterisis).

Nếu vòng trễ lớn, bộ điều chỉnh ít khi chuyển mạch. Nếu vòng trễ nhỏ, bộ điều chỉnh thường xuyên chuyển mạch **(Hình 2, trang 546)**. **Hình 3 trang 546** trình bày biểu tượng và cấu tạo căn bản của bộ điều chỉnh này.

Một thí dụ cho một bộ điều chỉnh ba vị trí là hệ thống điều hòa không khí. Hệ thống này có ba trạng thái: Làm nóng, tắt, làm lạnh. Bộ điều chỉnh ba vị trí cũng biểu thị cho mỗi trạng thái một vòng nhiệt trễ lúc chuyển mạch **(Hình 1)**.



Hình 1: Bộ điều chỉnh ba vị trí

11.3.2 Bộ điều chỉnh tác động liên tục

Các bộ điều chỉnh tác động liên tục không có tính năng chuyển mạch, vì thế cũng không có hiện tượng trễ.

> Tại các bộ điều chỉnh tác động liên tục, mỗi thay đổi của độ sai lệch điều chỉnh gây ra một thay đổi của đại lượng tác động.

Bộ điều chỉnh loại này gồm những thành phần căn bản như sau:

- Cơ cấu P (bộ điều chỉnh P)
- Cơ cấu I (bộ điều chỉnh I)
- Cơ cấu D (bộ điều chỉnh D)

Hay những phối hợp:

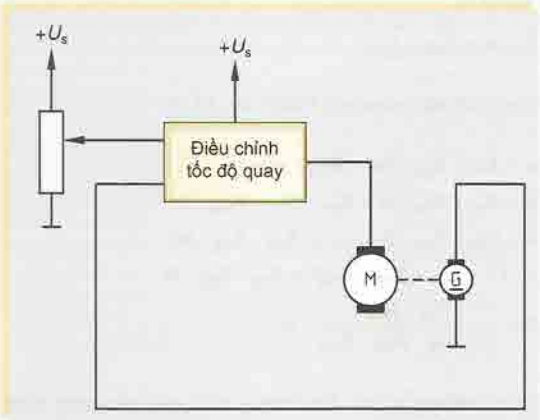
- Bộ điều chỉnh PI, tức phối hợp của bộ P và bộ I
- Bộ điều chỉnh PD, tức phối hợp của bộ P và bộ D
- Bộ điều chỉnh PID, tức phối hợp của bộ P, bộ I và bộ D

> Bộ điều chỉnh P và PD có nhược điểm là gây ra độ sai lệch điều chỉnh.

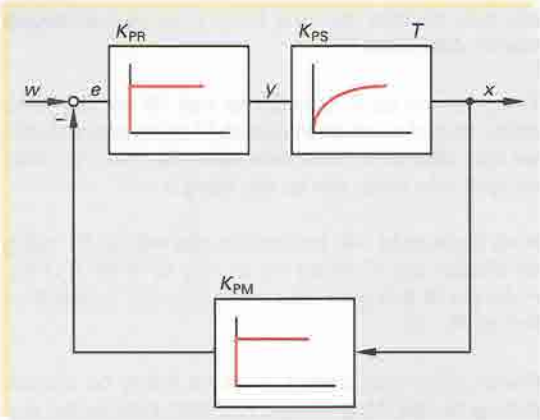
Điều này được chứng tỏ rõ trong các thí dụ sau đây:

Hình 2 trình bày cấu tạo cơ bản của cách điều chỉnh tốc độ quay. Ta dùng bộ chiết áp để đạt được đại lượng chuẩn *w* qua thiết bị điều khiển vào động cơ. Tốc độ quay tức thời, đo bằng tốc độ kế của máy phát tốc (tachgenerator), đo số vòng quay được chuyển thành điện áp và được đưa vào thiết bị điều chỉnh. Bộ điều chỉnh ở đây được dùng là bộ điều chỉnh P.

Sơ đồ tác động của ví dụ này được biểu thị trong **Hình 3.** Động cơ có tính năng như bộ điều chỉnh PT_1. Máy phát tốc chuyển đổi số vòng quay đầu vào thành một điện áp theo tỷ lệ thuận. Như thế máy này có tính năng P.



Hình 2: Thí dụ điều chỉnh tốc độ quay



Hình 3: Sơ đồ tác động cho điều chỉnh tốc độ quay

Những thông số kỹ thuật đặc trưng của động cơ điện một chiều là:

K_{PS} = 100 min^{-1}/V ; T = 250 ms. Thông số đặc trưng của máy phát tốc là K_{PM} = 0,01 V/min^{-1}, hệ số khuếch đại của bộ điều chỉnh P là K_{PR} = 2.

Nếu đặt đại lượng chuẩn là 6 V thì ngay lúc đầu độ sai lệch điều chỉnh là e = 6 V, đại lượng tác động là y = 12 V và động cơ bắt đầu quay. Nhờ vậy máy phát tốc tạo ra một điện áp quay ngược lại đưa vào thiết bị điều chỉnh, và như thế làm giảm độ sai lệch điều chỉnh.

Để đơn giản toàn bộ các điểm trên ta chỉ quan sát tính năng tĩnh của mạch điều chỉnh.

Trong trường hợp này ta có:

$$x = K_{PS} \cdot y = K_{PS} \cdot K_{PR} \cdot e$$

Ngoài ra:

$$e = w - K_{PM} \cdot x$$

Thay thế vào phương trình trên, ta có:

$$x = K_{PS} \cdot K_{PR} \cdot (w - K_{PM} \cdot x)$$
$$x = K_{PS} \cdot K_{PR} \cdot w - K_{PS} \cdot K_{PR} \cdot K_{PM} \cdot x$$
$$x + K_{PS} \cdot K_{PR} \cdot K_{PM} \cdot x = K_{PS} \cdot K_{PR} \cdot w$$
$$x \cdot (1 + K_{PS} \cdot K_{PR} \cdot K_{PM}) = K_{PS} \cdot K_{PR} \cdot w$$
$$x = \frac{K_{PS} \cdot K_{PR}}{1 + K_{PS} \cdot K_{PR} \cdot K_{PM}} \cdot w$$

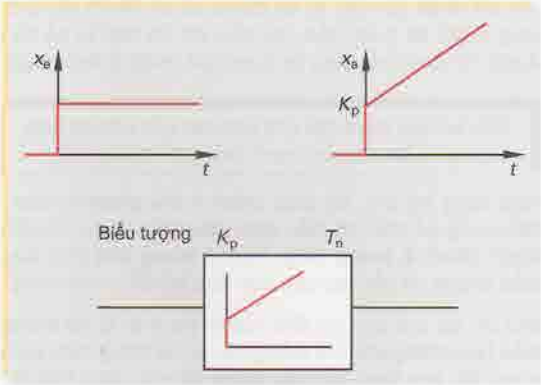
Thay những trị số đặc trưng trên vào phương trình này, ta sẽ có số vòng quay là 400 min^{-1}. Nếu ta cho động cơ chạy không có mạch điều chỉnh, với điện áp đầu vào 6 V ta sẽ có số vòng quay là 600 min^{-1}. Trong thí dụ trên bộ điều chỉnh P tạo ra độ sai lệch điều chỉnh là 200 min^{-1}.

Vấn đề của độ sai lệch điều chỉnh vẫn còn sót lại được giải quyết bằng cách dùng **bộ điều chỉnh PI**. **Hình 1** cho thấy tín hiệu đáp ứng bước nhảy và biểu tượng của bộ điều chỉnh PI.

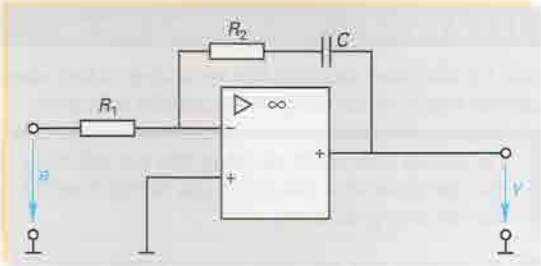
Trong khi với bộ P luôn tồn tại một độ sai lệch điều chỉnh, thì phần tích phân của bộ PI chỉnh hợp sao cho sai lệch điều chỉnh hoàn toàn biến mất. Như vậy phần sai lệch điều chỉnh còn lại nay bằng 0.

Hình 2 cho thấy cấu tạo cơ bản của một bộ PI. Hằng số khuếch đại K_P trong thí dụ này là tỷ số R_2 / R_1. Phần gọi là thời gian điều chỉnh còn sót T_n tính theo tích số $R_1 \cdot C$.

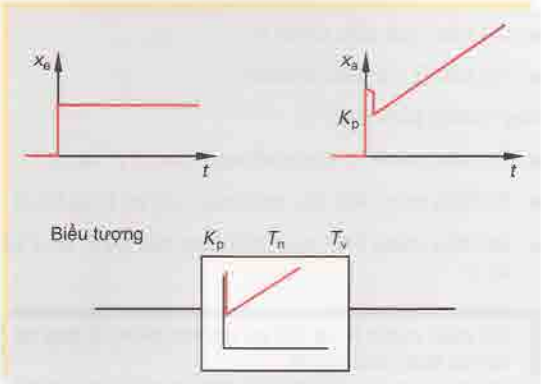
Nhược điểm của phần I là cả hệ thống có khuynh hướng bị dao động (rung). Khi định kích thước cho một bộ PI ta phải đặc biệt chú trọng điểm này.



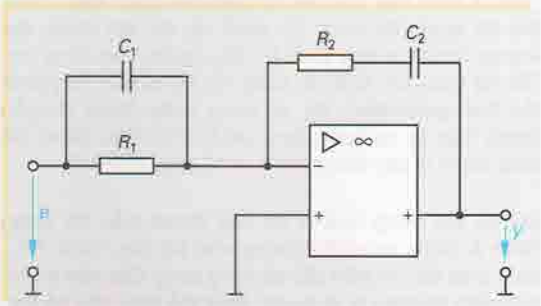
Hình 1: Bộ điều chỉnh PI



Hình 2: Thí dụ cho một bộ điều chỉnh PI



Hình 3: Bộ điều chỉnh PID



Hình 4: Thí dụ cho một bộ PID

Bộ điều chỉnh PI có thể vận hành chậm. Để điều chỉnh hết phần sai lệch điều chỉnh thật nhanh ta có thể cho thêm phần D vào. Tín hiệu đáp ứng bước nhảy và biểu tượng của bộ PID trong **Hình 3** cũng như một thí dụ trong **Hình 4** đã được trình bày trong trang trước.

Những trị số đặc trưng của bộ PID được tính như sau:

- $K_P = R_2 / R_1$
- $T_n = R_1 \cdot C_2$
- $T_v = R_2 \cdot C_1$

Trong bộ PID ta cần tính ba thông số và hiệu chỉnh chúng, điểm này có nghĩa là ta phải bỏ ra ít nhiều công sức. Tuy vậy ta phải rõ là bộ điều chỉnh PID có thể dùng được đa năng. Ở đây cũng phải chú trọng tính ổn định của toàn hệ thống như với bộ điều chỉnh PI.

11.3.3 Bộ điều chỉnh digital

Nếu những đại lượng trong quá trình được thu nhận và xử lý bằng bộ điều khiển logic lập trình được (PLC), bộ vi mạch điều khiển hay những thiết bị tương tự, ta phải chuyển đổi đại lượng analog thành đại lượng digital.

Để thực hiện việc này, đại lượng analog được dò quét (lấy mẫu) và tách thành những bậc thang rời rạc **(Hình 1)**. Trong quan hệ này ta gọi là **làm rời rạc trị số (lượng hóa, lượng tử hóa, quantilize)**. Dùng những bước lượng hóa càng nhỏ, thì hệ thống càng chính xác, nhưng thời gian cho việc tính toán càng cao.

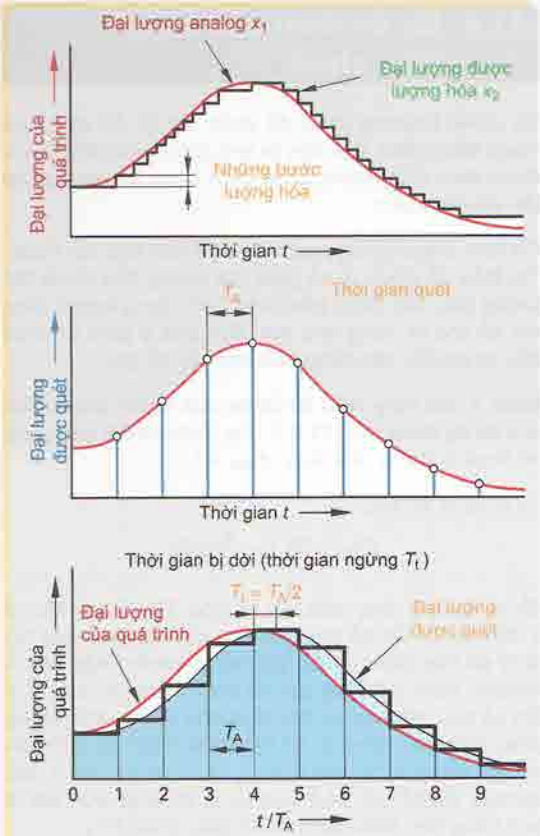
Việc dò quét được thực hiện với những khoảng thời gian cố định. Tín hiệu được chuyển đổi ngay tại thời điểm quét và giữ cho không đổi đến thời điểm quét kế tiếp.

> Thời gian quét T_A càng ngắn càng tốt.

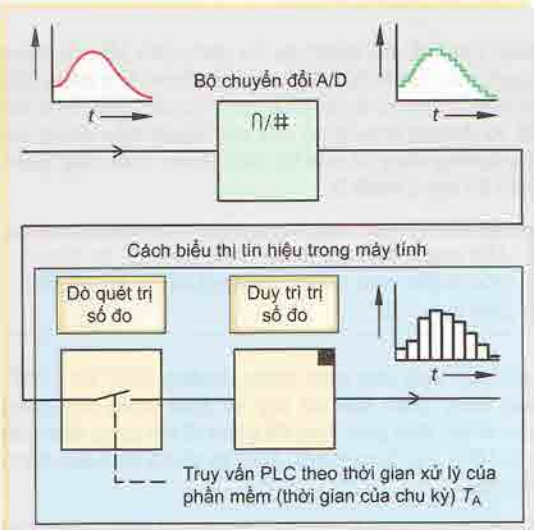
Việc dò quét tạo ra một sự dịch chuyển thời gian tại độ cao vào khoảng nửa bước thời gian quét (lấy mẫu) như đã chỉ ở **Hình 1**. Nhưng ta chỉ có thể ảnh hưởng vào thời gian quét trong một giới hạn nhất định, vì nó còn tùy thuộc vào thời gian xử lý của chương trình phần mềm của PLC, hay của bộ điều khiển v.v. **(Hình 2)**. Và những điểm này lại còn tùy thuộc vào tốc độ tính toán của bộ xử lý điều khiển, hay của thuật toán (algorit) điều chỉnh được dùng và của số bộ điều chỉnh đang chạy.

Thời gian trễ (ngừng, chết) tạo ra bởi việc dò quét có ảnh hưởng không tốt đến sự ổn định của cả mạch điều chỉnh.

> Thời gian trễ càng lâu, mạch điều chỉnh càng có khuynh hướng bị dao động.



Hình 1: Lượng hóa và dò quét một tín hiệu analog của quy trình



Hình 2: Sơ đồ tác dụng cho tín hiệu quá trình để xử lý dạng digital

11.4 Sự ổn định của mạch điều chỉnh

Có nhiều phương pháp để khảo sát sự ổn định của mạch điều chỉnh. Sau đây ta xem một mạch điều chỉnh được định kích thước bằng cách dùng phương pháp tần số-đặc tuyến.

Cơ bản của phương pháp này dựa trên biểu đồ Bode. Tại biểu đồ Bode tỷ số giữa đại lượng đầu ra và đại lượng đầu vào được biểu diễn dưới dạng logarit theo tần số góc ω, cũng như góc lệch pha φ giữa tín hiệu đầu ra và đầu vào cũng dựa trên tần số góc.

Hình 1 cho thấy biểu đồ Bode của tuyến điều chỉnh của thí dụ trong mục 11.3.2. Tuy nhiên ta đặt các hằng số khuếch đại là $K = K_{PS} \cdot K_{PM} = 1$.

Ta dùng tỷ số sau:

$$F(\omega) = 20 \cdot \log \frac{x_a}{x_e} [\text{dB}]$$

để vẽ đường chạy của tần số góc. Tỷ số này xấp xỉ 0 dB cho tới tần số góc giới hạn ω_g. Từ điểm này trở đi tỷ số này giảm 20 dB với mỗi decade (thập tiến = khoảng cách giữa hai tần số cách nhau 10 lần). Tại tần số góc giới hạn ω_g góc lệch pha là $\varphi = -45^\circ$. Dùng phép tính gần đúng ta có thể thừa nhận độ lệch tần số bên trái một decade của ω_g là khoảng 0° và ở một decade tần số bên phải của ω_g là khoảng -90°. Đó là tính năng tiêu biểu của một bộ điều chỉnh PT_1.

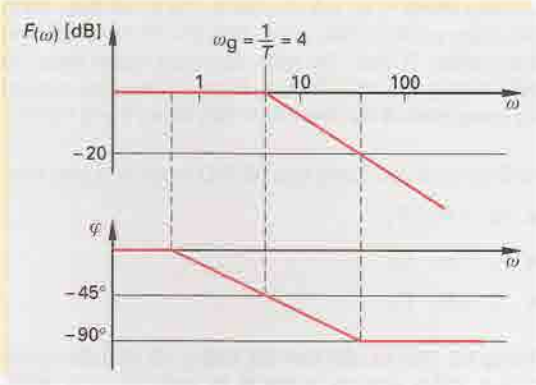
Hình 2 cho thấy đặc tuyến theo tần số của một bộ điều chỉnh PI. Ở đó $K_P = 2$ và $T_n = 250$ ms. Với những trị số rất lớn của ω, hầu như chỉ có phần P có hiệu ứng trong bộ điều chỉnh PI. Ở đây phần này là $20 \log K_P = 6$ [dB]. Cho tới trị số $\omega_g = 1/T_n = 4\ s^{-1}$ tỷ số này giảm 20 dB mỗi decade tần số.

Hiện nay, để đạt được sự ổn định, chủ yếu sử dụng mạch điều chỉnh hở. Để xác định được tính năng của bộ điều chỉnh hở ta chỉ phải cộng đường chạy theo tần số và đường chạy theo pha của tuyến điều chỉnh với hai đường chạy đó của bộ điều chỉnh. Điều này được biểu thị trong **Hình 3**.

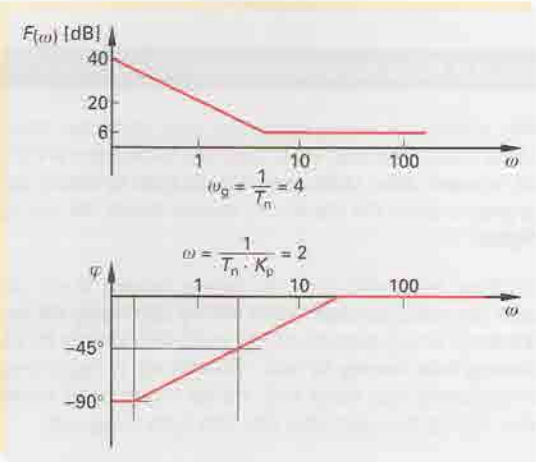
> Một mạch điều chỉnh được ổn định khi tại tần số góc xuyên trục hoành (ngang) ω_D ta có độ lệch pha $\varphi > -120^\circ$.

Nếu góc lệch pha nằm trong khoảng -120° tới -180°, dao động giảm dần sẽ xảy ra. Dao động này càng cần nhiều thời gian hơn để giảm đi khi càng tiến gần tới -180°. Tại đúng điểm -180° ta sẽ có một dao động liên tục.

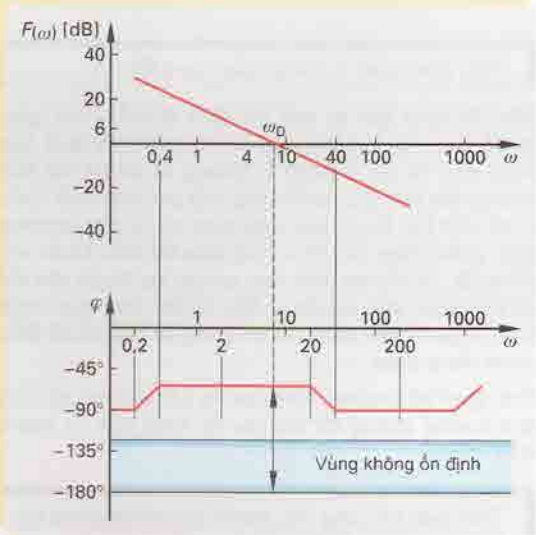
Thí dụ này cho thấy sự điều chỉnh của một tuyến điều chỉnh PT_1 với bộ điều chỉnh PI hoàn toàn không có vấn đề.



Hình 1: Đặc tuyến theo tần số của một tuyến điều chỉnh



Hình 2: Đặc tuyến theo tần số của bộ điều chỉnh



Hình 3: Đặc tuyến theo tần số của mạch điều chỉnh hở