

MÔ PHỎNG ĐỘNG HỌC CƠ CẤU VỚI CATIA V5

Phạm Quốc Phong *

Tóm tắt

Sử dụng phần mềm thực hiện mô phỏng là giải pháp hiệu quả, an toàn trong nghiên cứu và giảng dạy. Nhằm góp phần đa dạng hóa việc ứng dụng phần mềm vào việc trong việc dạy và học bài viết giới thiệu chuyên đề mô phỏng động học cơ cấu với CATIA V5. Bài báo cáo này giới thiệu những ưu điểm của CATIA so với các phần mềm khác dùng trong thiết kế kỹ thuật và giới thiệu việc ứng dụng phần mềm CATIA vào việc thiết kế, lắp ráp các chi tiết và thực hiện mô phỏng động học của cơ cấu piston - trục khuỷu - thanh truyền trong động cơ hình sao 05 piston, áp dụng vào mục đích biên soạn bài giảng điện tử phục vụ cho công tác giảng dạy.

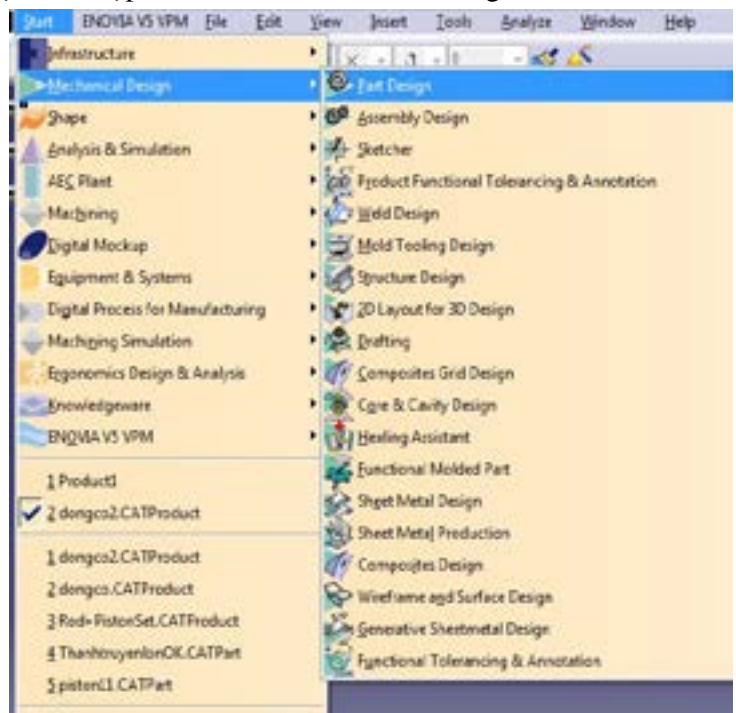
Abstract

Using simulation softwares is an effective and safe solution in research and teaching. To contribute for diversify applying softwares in teaching and learning, the author introduced kinematic simulation mechanical structure with CATIA V5. In this paper, the author figured out the positive points of CATIA in comparison to other softwares used for engineers and designers and the application of CATIA software to design, assembly, and kinematic simulation of the piston - connecting rod - crankshaft system in star shape engine - 05 piston. This section can be applied for developing electronic lessons.

1. Giới thiệu bộ phần mềm CATIA

CATIA là một cụm từ viết tắt của Computer Aided Three Dimensional Interactive Application, nghĩa là ứng dụng tương tác trong không gian ba chiều có sự hỗ trợ của máy tính. CATIA được xem là một trong những phần mềm mạnh nhất hiện nay dùng ứng dụng trong thiết kế và sản xuất trong các ngành kỹ thuật. CATIA được phát triển bởi Dassault Systemes, một công ty của Pháp và IBM. Phần mềm này được viết vào cuối những năm 1970, từ đó đến nay nó được áp dụng trong ngành hàng không vũ trụ, ô tô, đóng tàu, và các ngành công nghiệp khác. CATIA được viết bằng ngôn ngữ lập trình C++. Đây là bộ phần mềm quản lý toàn bộ một chu trình sản phẩm của Dassault Systemes, nó được tích hợp CAD, CAM và CAE, bao gồm từ thiết kế chi tiết, tính toán, phân tích, mô phỏng và thực hiện sản xuất thông qua việc xuất dữ liệu đến các máy công cụ.

Trong Mechanical Design - ứng dụng thiết kế cơ khí, CATIA có đến 19 modul được liên kết linh hoạt với nhau từ khâu vẽ phác thảo chi tiết đến thiết kế các mô hình trong không gian 3 chiều, từ trong modul thiết kế 3D đến lắp ráp các cụm chi tiết thành một cơ cấu hoàn chỉnh và cuối cùng là xuất ra bản vẽ 2D từ các vật thể thậm chí các cơ cấu phức tạp trong không gian 3D. Đặc biệt, CATIA còn có các modul dùng để thiết kế các vật liệu chuyên biệt, chẳng hạn như Sheet Metal Design, Wireframe and Surface Design được áp dụng trong thiết kế vỏ ô tô, tàu thủy,... Weld Design được áp dụng trong thiết kế các chi tiết gia công



Hình 1. Các modul trong Mechanical design

bằng phương pháp hàn... Trong Digital Mockup - ứng dụng mô phỏng, CATIA có đến 09 modul bao gồm những mô phỏng động học, những biến đổi về cấu trúc hình dạng các chi tiết và các dạng vật liệu. Đây được xem như một phòng thí nghiệm để thực hiện việc khảo sát các sản phẩm trước khi tiến hành tiến trình xuất bản vẽ và chuyển sang công đoạn sản xuất. Các ứng dụng trong CATIA có thể được hình dung như cả một phòng thí nghiệm và một phân xưởng với các máy công cụ ảo để thực hiện tiến trình sản xuất hoàn thiện sản phẩm. Các dữ liệu trong CATIA được chuyển sang mã lệnh và được xuất đến các máy thật ngoài phân xưởng thật. Các máy công cụ được hỗ trợ bao gồm Pocketing, Milling, Drilling, and Lathe Machine,... chúng ta có thể thực hiện các thao tác như khai báo vật liệu phôi, chọn các bước gia công, chọn công cụ,... Phần mềm sẽ mô phỏng toàn bộ tiến trình gia công và cho ra sản phẩm, chúng ta có thể theo dõi toàn bộ tiến trình gia công, nhận biết được những sai lệch của sản phẩm. Từ đó điều chỉnh lại các thông số hợp lý, sau cùng là xuất chương trình, cho việc sản xuất sản phẩm thật.

Như đã đề cập bên trên, CATIA được xem là một trong những phần mềm mạnh nhất hiện nay dùng ứng dụng trong thiết kế và sản xuất trong các ngành kỹ thuật. CATIA được ứng dụng ở công nghiệp phát triển như Pháp, Ý, Đức, Nhật, Anh, Mỹ, Úc, Tây Ban Nha, Nauy và Thụy Điển... Các ứng dụng chính của CATIA là trong thiết kế tàu thủy, ô tô, máy bay,... Sở dĩ CATIA không phổ biến ở Việt Nam so với các phần mềm hỗ trợ thiết kế khác là vì CATIA bắt đầu hỗ trợ cho hệ điều hành Windows trong khoảng hơn 10 năm trở lại đây, trong khi nước ta hầu hết là sử dụng Windows làm hệ điều hành cho máy tính.

So sánh với các bộ phần mềm khác như MasterCAM, AutoCAD hoặc SolidWorks,... thì CATIA rất hiểu ý người sử dụng. Từ ý tưởng thiết kế đến việc thể hiện trên bản vẽ rất dễ dàng, nó giống như chúng ta đang cầm một vật thể trên tay rồi phác họa các cấu trúc, các chi tiết lên trên đó. CATIA rất linh hoạt trong khâu hiệu chỉnh các thông số của chi tiết. Chúng ta có thể dễ dàng hiệu chỉnh một cách chính xác kích thước các chi tiết, cũng như các hình dạng của chúng nếu như phát hiện có những điểm chưa phù hợp quá trình lắp ráp giữa các chi tiết trong một cơ cấu. Việc hiệu chỉnh được thực hiện ngay trong cùng một môi trường với nhiều chi tiết khác. Điều đó giúp chúng ta dễ dàng quan sát và hiệu chỉnh nhanh chóng. Một thí dụ cụ thể Modul Drafting, tính năng này giống như môi trường 2D trong AutoCAD. Tuy nhiên, CATIA mạnh hơn AutoCAD rất nhiều về việc phân biệt được các chi tiết trên cùng một bản vẽ cho nên việc thể hiện mặt cắt và kích thước cũng như các ghi chú cho chi tiết cực kỳ nhanh chóng và chính xác.

2. Thiết kế lắp ráp và mô phỏng

Trong bài báo cáo này, tôi chỉ giới thiệu trong phạm vi thiết kế, lắp ráp và mô phỏng chuyển động của cơ cấu piston-trục khuỷu-thanh truyền trên động cơ 5 piston hình sao, một loại động cơ được sử dụng phổ biến trên máy bay trực thăng.


Tiến trình mô phỏng động học được thực hiện qua 03 công đoạn: công đoạn 01 Part Design - thiết kế chi tiết, công đoạn 02 Assembly Design - lắp ráp các chi tiết thành một cơ cấu hoàn chỉnh, công đoạn 03 Kinematics - tạo các liên kết động học và tiến hành mô phỏng.

2.1. Vẽ các chi tiết piston, thanh truyền chính

Công đoạn 01: sử dụng ứng dụng Part Design để thể hiện các chi tiết. Trong cơ cấu thanh truyền trục khuỷu của động cơ hình sao 05 piston hết sức phức tạp có trên 20 cụm các chi tiết. Đây là công đoạn tốn nhiều thời gian nhất trong toàn bộ tiến trình thực hiện.

Trên thanh menu bar: Start > Mechanical Design > Part Design > chọn mặt phẳng YZ plane, sau đó chọn biểu tượng Sketch 

Từ giao diện Sketcher, trên thanh Profile > Profile 

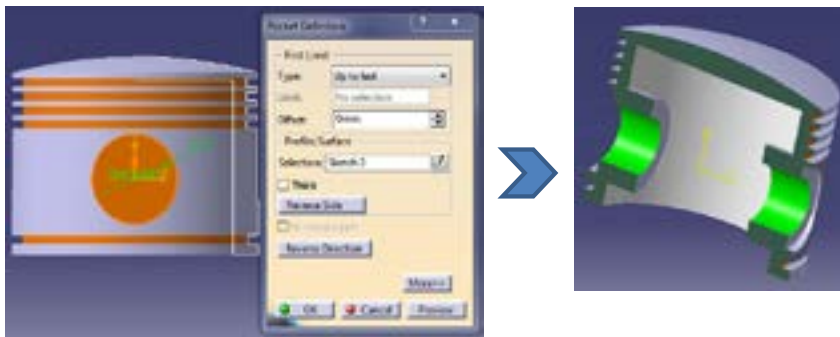
Thực hiện vẽ phác các Line và các cung, sau đó thoát ra khỏi môi trường Sketcher. Từ thanh Sketch Base Features > Shaft,  chọn góc quay 360° để tạo khối lăng trụ cho Piston.

Từ khối vật thể vừa tạo ta tiếp tục xác định các vị trí để triển khai tiếp bộ chốt Piston bằng cách tạo các Plane tương ứng, trên các Plane vừa tạo ta trở lại môi trường.



Hình 2. Từ mô hình Sketch chuyển sang Part design

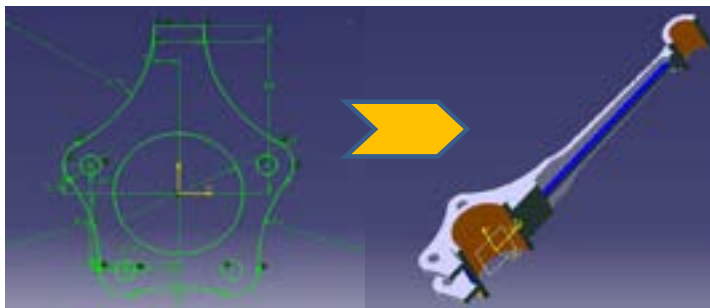
Sketch phác thảo tiếp các biên dạng, rồi sau đó sử dụng các lệnh Pad, Pocket trên Part Design hoàn chỉnh Piston. Lưu lại thành file độc lập với tên Piston.



Hình 3. Tạo bộ chốt bằng lệnh Pad và Pocket

tham khảo, từ các mặt này ta tiếp tục phác thảo các cấu trúc khác. Lần lượt ta vẽ tất cả các chi tiết còn lại từ môi trường Part Design này, các chi tiết khi hoàn thành sẽ được lưu thành những file riêng lẻ, khi cần thực hiện lắp ráp ta chỉ cần gọi chúng ra và lắp vào cơ cấu.

Tương tự, chúng ta cũng bắt đầu tiến hành việc phác thảo biên dạng thanh truyền chính trong môi trường Sketch. Đây là chi tiết rất phức tạp, với nhiều ràng buộc giữa các mặt, các kích thước được thiết lập, nó yêu cầu sử dụng nhiều lệnh kết hợp và nhiều mặt phẳng chuẩn



Hình 4. Vẽ thanh truyền chính từ môi trường Sketch

2.2. Công đoạn lắp ráp cơ cấu

Mở giao diện lắp ráp cơ cấu theo đường dẫn sau: *Start > Mechanical Design > Assembly Design*.

Từ giao diện Assembly Design: *Menu > Insert > Existing Component* – gọi các chi tiết đã được thiết kế sẵn. Từ Specification Tree ta click chọn Product1, cửa sổ mới hiện ra, mở đường dẫn đến nơi lưu trữ file cần gọi – mở kho, click chọn chi tiết đầu tiên đưa vào lắp ghép.

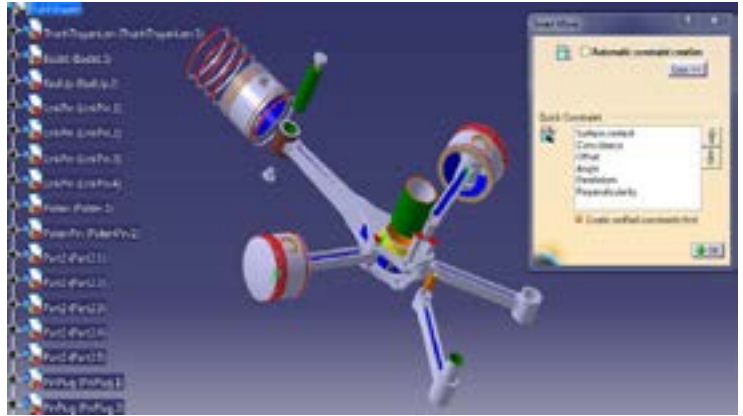
Chú ý: chi tiết được chọn đầu tiên phải là chi tiết chính của cơ cấu, nó cần được cố định Fix lại. Các chi tiết khác lần lượt được gọi ra theo đúng qui trình lắp ghép và lần lượt được lắp vào cơ cấu.

Đối với những kết cấu phức tạp hoặc những chi tiết có kích thước quá nhỏ ta cần phải xác định vị trí xuất hiện của chi tiết sau mỗi lần gọi ra bằng cách sau: *Menu > Insert > Existing Component with Positioning...*, sau đó dùng công cụ di chuyển thông minh Smart Move hoặc truy bắt nhanh Snap để bố trí vị trí chi tiết trong cơ cấu.

Bước tiếp theo là tạo các ràng buộc giữa các chi tiết với nhau bằng các công cụ ràng buộc: ràng buộc đồng âm, tiếp xúc mặt, ràng buộc góc, ràng buộc khoảng cách, ràng buộc kích thước,...



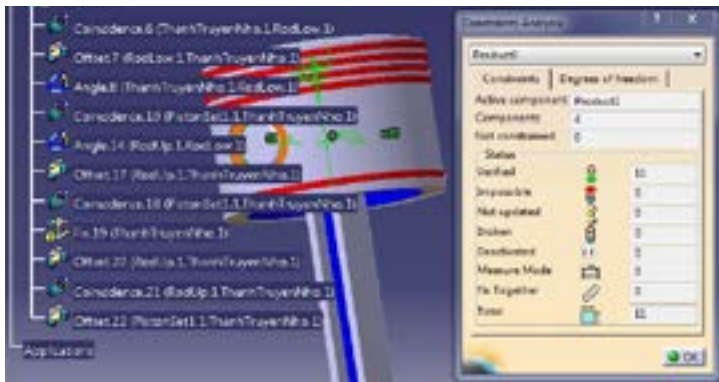
Công đoạn này yêu cầu khả năng sáng tạo và óc tưởng tượng của người thiết kế. Việc lắp ráp các chi tiết trên CATIA rất giống việc lắp ráp các chi tiết trong thực tế bên ngoài. Các chi tiết đã có sẵn trong kho chỉ cần dùng lệnh gọi ra, chọn vị trí lắp đặt. Ngoài ra trong modul lắp ghép còn hỗ trợ các công cụ như reuse components – sử dụng lại các chi tiết hoặc multiple components nhân bản các chi tiết trong những trường hợp có nhiều chi tiết giống nhau được lắp chung cơ cấu. Bên cạnh đó, các công cụ ràng buộc thông minh cũng hỗ trợ rất tốt cho việc truy bắt hai chi tiết có các mối quan hệ về hình dáng và kích thước với nhau. Muốn lắp ráp nhanh cơ cấu, chúng ta cần phải nắm vững qui trình lắp ráp.



Hình 5. Lắp ghép các chi tiết vào cơ cấu và tạo ràng buộc

Trong quá trình lắp ghép, chúng ta cũng có thể kiểm tra các mối lắp ghép thông qua việc quan sát bằng mắt thường, hoặc thông qua việc phân tích các ràng buộc chi tiết và kiểm tra các bậc tự do của từng chi tiết trong toàn cơ cấu.

Việc xác định các bậc tự do của một chi tiết trong một cơ cấu hết sức quan trọng cho



Hình 6. Phân tích các mối lắp ghép, kiểm tra các bậc tự do của các chi tiết

quá trình lắp ghép. Ví dụ: Trong cơ cấu này, khi ta cố định thanh truyền chính để thực hiện các công đoạn lắp ráp thì qui ước về bậc tự do của các chi tiết ta cần phải biết là bạc lót đầu to và đầu nhỏ thanh truyền không có bậc tự do; trong khi đó cụm piston bao gồm piston, các vòng bạc và chốt piston có một bậc tự do là quay quanh đường tâm của chốt piston tại đầu nhỏ thanh truyền; giữa chốt piston và piston không có bậc tự do; các thanh truyền phụ có một bậc tự do

đối với thanh truyền chính là xoay quanh đường tâm của đầu to thanh truyền tại vị trí chốt nối,...

2.3. Công đoạn mô phỏng động học

Ta bắt đầu thực hiện việc mô phỏng động học của cơ cấu sau khi hoàn chỉnh việc lắp ráp các chi tiết, hoặc cũng có thể vừa lắp ráp vừa mô phỏng. Tùy vào kết cấu và độ phức tạp của cơ cấu mà ta chọn phương án thích hợp. Từ giao diện chính CATIA > Start > Digital Mockup > DMU Kinematics



Trong ứng dụng này có đến 17 liên kết động học bao gồm: chuyển động quanh trục, chuyển động trượt, chuyển động theo dạng piston-xylanh, chuyển động theo dạng Ren, chuyển động cặp bánh răng ăn khớp, chuyển động giữa bánh răng và thanh răng,...

Trong cơ cấu trục khuỷu - piston - thanh truyền bao gồm nhiều chuyển động phức hợp, chúng có mối quan hệ ràng buộc lẫn nhau. Chúng ta phân chúng ra các nhóm chuyển động sau:

- Chuyển động xoay tròn của cổ trục khuỷu trong Block máy.
- Chuyển động xoay tròn của đầu to thanh truyền quanh cổ biên.
- Chuyển động xoay tròn chốt piston quanh đường tâm của bạc lót đầu nhỏ thanh truyền.
- Chuyển động tịnh tiến của piston dọc theo đường tâm xylanh.
- Chuyển động xoay tròn của các đầu to thanh truyền phụ quanh tâm các chốt nối,...

Chú ý:

- Cơ cấu này có duy nhất một chuyển động chính, đó là chuyển động xoay tròn của cổ trục khuỷu quanh đường tâm của nó, các chuyển động còn lại đều là chuyển động theo.

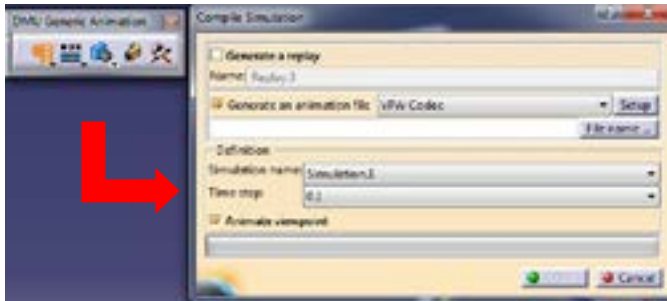
- Các chi tiết trong cụm piston cần phải được cố định lại. Block máy cũng như các xylanh phải được cố định lại thành một khối.

Trong cơ cấu này, trục khuỷu được thiết lập quay 20 vòng quanh tâm của nó từ -3.6000 đến 3.6000. Để dễ quan sát chuyển động bên trong, phần block máy và các xylanh được ẩn đi. Khâu cuối cùng là xuất mô phỏng động học của cơ cấu này sang dạng video clip.



Hình 7. Tạo liên kết giữa các chi tiết và tiến hành mô phỏng

Trình tự xuất file sang dạng video clip được thực hiện như sau: *View > Toolbars > DMU*



Generic Animation. Sau khi thành công cụ DMU Generic Animation xuất hiện lên màn hình, ta click chọn *Compile Simulation*. Hộp thoại *Compile Simulation* xuất hiện như trên hình minh họa, ta tiếp tục click chọn *Generation an animation file > Click vào ô file name > chọn đường dẫn lưu trữ và đặt tên file > chọn time step > Click OK*.



Hình 8. Trình tự xuất file video clip

Như vậy ta có một file mô phỏng hoàn chỉnh cơ cấu trục khuỷu – thanh truyền – piston dưới dạng video, chúng có thể được trình chiếu độc lập mà không phụ thuộc phần mềm CATIA.

3. Kết luận

Có thể nói rằng với CATIA, việc thực hiện mô phỏng hoạt động bên trong của một cơ cấu máy không quá khó như chúng ta vẫn thường nghĩ, các bài giảng về cơ cấu, nguyên lý máy bên khối ngành kỹ thuật sẽ trở nên sinh động hơn, gây hứng thú hơn cho sinh viên trong học tập. Tuy nhiên, việc thiết kế, lắp ráp, mô phỏng hoạt động của một cơ cấu trên phần mềm không đơn thuần là những thao tác trên máy tính mà đó sự kết hợp hài hòa của một chuỗi các ý tưởng, sự linh hoạt trong tưởng tượng, sự am tường về chuyên môn lẫn những kỹ năng về sử dụng phần mềm.

Nhìn chung, CATIA rất dễ tiếp cận, đặc biệt là đối với cán bộ có chuyên môn về kỹ thuật. Bởi vì, ngoài việc bố trí một giao diện đồ họa khá thân thiện, phần mềm CATIA còn có bộ help file với các minh họa rất cụ thể, nó hỗ trợ gần như đầy đủ các tính năng của bộ phần mềm này.

Tài liệu tham khảo

1. Prof. Sham Tickoo (2012), *CATIA V5R21 for Engineers and Designers*, dreamtech Press.
2. CATIA V5R21 help
3. <http://www.3ds.com/products/catia/portfolio/catia-v5/latest-release/>