

PHÂN TÍCH VÀ MÔ PHỎNG ĐỘNG LỰC HỌC MỀM CỦA CƠ CẤU TAY QUAY CON TRƯỢT BẰNG TÍCH HỢP ANSYS/ADAMS

ANALYSIS AND SIMULATION OF FLEXIBLE DYNAMICS FOR A SLIDER CRANK MECHANISM BASED ON ANSYS/ADAMS INTERFACE

Hồ Thúc Nin¹, Nguyễn Hữu Thọ²

¹Trường Đại học Công nghiệp TP.Hồ Chí Minh

²Trường Đại học Công nghiệp Thực phẩm TP.Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Sự tương tác của ANSYS và ADAMS đóng vai trò quan trọng trong việc mô phỏng chính xác đặc tính động lực học của hệ thống cơ khí, trong đó có xem xét khâu mềm. Bài báo này đề nghị một khung tích hợp giữa ANSYS/ADAMS để mô phỏng động lực học mềm cơ cấu tay quay con trượt trong thực tế, đồng thời có xem xét hình dạng hợp lý của khâu mềm. Tập file trung gian MNF, được tạo ra từ ANSYS, là cầu nối giữa ANSYS và ADAMS cho quá trình mô phỏng. Sau đó, khâu mềm được mã hóa dạng file MNF được nhập vào ADAMS để thay thế khâu cứng tuyệt đối qua các nút kết nối được xác định từ ANSYS. Các kết quả mô phỏng động lực học trong ADAMS khẳng định tính chính xác của đặc tính động lực học khâu mềm để từ đó dễ dàng điều khiển. Ngoài ra, khâu mềm với tác dụng của nội, ngoại lực trong ADAMS được chuyển sang ANSYS để thấy rõ hình dạng hợp lý tối ưu của khâu.

Từ khóa: Động lực học; Cơ cấu tay quay con trượt; Động lực học mềm; Tương tác ANSYS/ADAMS.

ABSTRACT

The interaction of ANSYS and ADAMS plays an important role in accurately simulating the mechanical properties of mechanical systems, including flexible link. This article proposes an integrated framework between ANSYS and ADAMS to simulate the flexible dynamics of a slider crank mechanism in practice, while considering the logical optimal shape of the flexible link. The MNF middleware file, created from ANSYS, is the bridge between ANSYS and ADAMS for the process simulation. Then, the MNF file of flexible link data was imported into ADAMS to replace the rigid link through the local nodes identified from ANSYS. The dynamic simulation results in ADAMS confirmed the accuracy of the flexible dynamics in order to be easily controlled. In addition, the flexible link under the influence of internal, external forces in ADAMS is transferred to ANSYS to clearly realize the optimum shape of the structure.

Keywords: Dynamics, slider crank mechanism, flexible dynamics, ANSYS/ADAMS interface.

1. GIỚI THIỆU

Hiện nay, việc tính toán động lực học cơ cấu, đa phần chúng ta xem là cơ cấu cứng tuyệt đối mà không xét tính mềm của các khâu. Nhưng trong thực tế tính mềm ảnh hưởng rất lớn đến độ tin cậy của thiết kế. Tính mềm của khâu có xét đến khả năng biến dạng, ma trận khối lượng, ma trận độ cứng của khâu. Do vậy, đặc tính động lực học rất phức tạp. Các phương pháp giải tích đòi hỏi kỹ năng vận dụng toán học phức tạp để tìm kiếm giải pháp. Đây là một trong những trở ngại rất lớn cho người kỹ sư đòi hỏi phải tìm ra giải pháp trong thời gian ngắn. Khả năng xem xét biến dạng và ứng suất là một trong những ưu điểm của phần mềm ANSYS. Ngược lại, ADAMS có khả năng mô phỏng động lực học cơ cấu một cách hoàn hảo nhất. Do đó, sự tích hợp của ANSYS/ADAMS có thể là công cụ hữu hiệu cho bài toán động lực học vật mềm. Chính vì thế, bài báo này đề nghị một khung tích hợp giữa ANSYS/ADAMS để khai thác tính năng tuyệt vời này. Bài báo tận dụng khả năng phân tích phần tử hữu hạn của ANSYS và khả năng mô phỏng động lực học của ADAMS, giúp giảm thời gian tính toán và đạt được các ứng xử động lực học phức tạp một cách nhanh nhất để hỗ trợ người thiết kế một cách hiệu quả nhất.

Hiện nay, thế giới đã có nhiều công trình nghiên cứu liên quan đến chủ đề này. Cụ thể, Baumjohann và các cộng sự [1] đã áp dụng phương pháp mô phỏng 3 chiều để tìm hiểu ứng xử động lực học của hệ thống phát điện sử dụng cánh tuabin. Nhóm nghiên cứu Eberhard [2] nêu ra vấn đề quan trọng của hệ thống nhiều vật mềm là giảm số bậc tự do của vật mềm có khả năng biến dạng. Moghadasi [3] đã tối ưu hóa hình dạng của miền chịu tải ô lăn trong hệ nhiều vật mềm. Mô hình hóa chính xác các khớp không những quan trọng

để biết thiết kế tối ưu của diện tích khớp mà còn tăng cường độ chính xác cấu trúc tối ưu. Zhu và cộng sự [4] đã trình bày phương pháp phân tích động lực học của robot song song với khâu mềm.

Wasfy và Noor [5] đã thực hiện một khảo sát các chiến lược tính toán và những phát triển gần đây cho hệ nhiều vật mềm trên 877 công trình nghiên cứu. Hac và Łazęcki [6] đã phân tích động lực học của cơ cấu tay quay con trượt. Hai mô hình được xem xét: Mô hình thanh được xây dựng dựa trên phần tử hữu hạn 2 chiều kiểu dầm và mô hình khối (solid). Häußler và các cộng sự [7] trình bày phương pháp tối ưu hóa hình dạng tự động của khâu mềm trong hệ thống nhiều vật phần tử hữu hạn lai (hybrid) sử dụng ADAMS/Flex và MSC. Construct. Dựa vào đó, nhóm nghiên cứu của Häußler đã mô tả tối ưu hình dạng của các khâu mềm chịu tải trọng động bằng phương pháp phần tử hữu hạn, tích hợp trong hệ thống nhiều vật bằng các liên kết khớp qua ADAMS. Điều này mang lại một lợi ích lớn, tạo ra cơ hội mới trong thiết kế tối ưu kết cấu hệ thống cơ khí, cơ điện tử cho người kỹ sư.

Dựa trên cơ sở khoa học từ các công trình nghiên cứu trên, khung tích hợp giữa ANSYS/ADAMS được xây dựng để giải bài toán động lực học của cơ cấu tay quay con trượt. Trong đó, thanh truyền được chúng tôi xem xét như là một khâu mềm, khâu có khả năng biến dạng đàn hồi trong quá trình mô phỏng động lực học.

2. PHƯƠNG PHÁP TÍCH HỢP ANSYS/ADAMS

Trong thực tế, các vật thể đều có khả năng biến dạng đàn hồi, thậm chí dẻo và có khả năng phá hủy bởi các tác nhân mạnh. Với các cơ cấu, việc khảo sát các khâu đàn hồi là

điều rất quan trọng, vì nó cho ta các đáp ứng đặc tính động học, động lực học chính xác hơn, gần với thực tế hơn, có độ tin cậy cao. Sự tương tác giữa ANSYS/ADAMS thông qua file trung gian *.MNF sẽ cho phép chúng ta giải được bài toán động lực học cơ cấu khâu mềm. Kết quả là các đặc tính về động học và động lực học hệ thống kỹ thuật không còn giống bởi lúc giả sử cấu khâu rắn tuyệt đối. Độ cứng của khâu càng lớn thì càng ít ảnh hưởng đến tính chất cơ hệ.

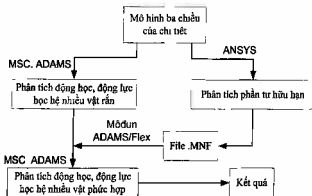
Quy trình khung giải quyết bài toán động lực học cơ cấu mềm được mô tả trong hình 1. Để sử dụng sự tương tác của ANSYS/ADAMS như hình 2 (mô tả chi tiết) cần tạo ra một mô hình phần tử hữu hạn hoàn thiện trong ANSYS. Để làm được điều đó, chúng ta có thể mô hình hóa hệ nhiều vật bằng các chương trình CAD PTC Creo như hình 3. Sau đó, nhập vào ANSYS để xác định loại phần tử, gán các thuộc tính vật liệu và chia lưới.

Hình 2. Quy trình xuất file MNF

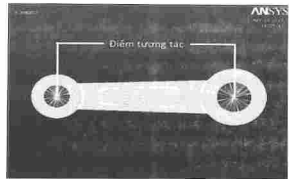


Hình 3. Mô hình CAD trong PTC Creo của cơ cấu tay quay con trượt

Kế tiếp, ta xác định điểm tương tác trong cấu trúc là vấn đề quan trọng quyết định sự chính xác khi mô phỏng trong ADAMS. Điểm tương tác là một nút, nút này chính là điểm đặt lực và khớp trong ADAMS, cho phép người sử dụng đặt các điều kiện biên khác nhau vào điểm tương tác mà không phải nhập điều kiện biên trong môi trường ANSYS. Điểm tương tác cho khâu mềm trong ANSYS được xác định như trong hình 4.

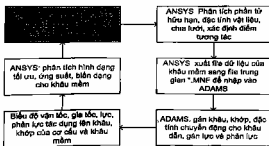


Hình 1. Quy trình khung giải quyết bài toán động lực học cơ cấu mềm



Hình 4. Mô hình điểm tương tác

Sau khi xây dựng mô hình (bao gồm tất cả các điểm tương tác), bước kế tiếp là sử dụng sự tương tác giữa ANSYS/ADAMS để tạo ra file MNF, tên file *.MNF. File FMF được tạo ra dựa trên nguyên lý tách và chia nhỏ cấu trúc phần tử hữu hạn. Tạo ra file này bằng cách sử dụng lệnh của ANSYS thực thi ADAMS. MAC hoặc dùng GUI như sau: Main Menu > Solution > ADAMS Connection > Export to ADAMS.

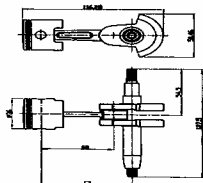


Sự kết hợp này đã giúp ANSYS có khả năng xuất dữ liệu qua ADAMS nhờ file trung gian MNF, file MNF chứa thông tin về thuộc tính như khối lượng, moment quán tính, tâm khối, ma trận cứng, điểm tương tác và các ràng buộc. Trong sự tương tác giữa ANSYS/ADAMS, chúng tôi sử dụng 2 phần tử BEAM188 và phần tử SOLID185. Trong đó, BEAM188 là phần tử thanh dầm đàn hồi, hữu hạn tuyến tính có cấu trúc 3D và SOLID185 là phần tử khối có cấu trúc 3 chiều trong không gian 8 nút.

Sau khi xác định dạng phần tử, các đặc tính vật liệu, nút tương tác cho khâu mềm, ANSYS xuất file MNF để nhập vào ADAMS với môđun ADAMS/Flex. Sau đó, gán khớp và lực cho khâu mềm, khâu dẫn và các khớp tại các điểm tương tác để bắt đầu quá trình mô phỏng động lực học trong môi trường ADAMS.

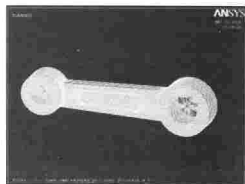
3. MÔ PHỎNG ĐỘNG LỰC HỌC KHẤU MỀM

Trước hết, ta xây dựng mô hình gồm trục khuỷ, thanh truyền, piston trong môi trường Part PTC Creo. Mô hình này được lấy từ thực tế, bộ phận động cơ trong máy làm cò. Sau đó, lắp ghép cụm chi tiết trong môi trường Assembly của PTC Creo. Sau đó, xuất sang file parasolid. Hình 5, thể hiện kích thước động học của cơ cấu tay quay con trượt:



Hình 5. Mô hình mô phỏng

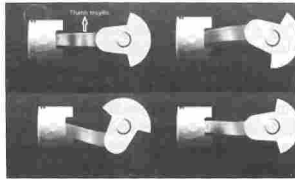
Trong 3 khâu, thanh truyền và trục khuỷ và piston, ta xem thanh truyền là khâu mềm, có khả năng biến dạng đàn hồi để phân tích và mô phỏng động lực học. Mô hình khâu mềm của thanh truyền được tạo ra trong môi trường ANSYS như hình 6. Các đặc tính vật liệu của các khâu được xác định trong bảng 1.



Hình 6. Mô hình khâu mềm của thanh truyền trong ANSYS.

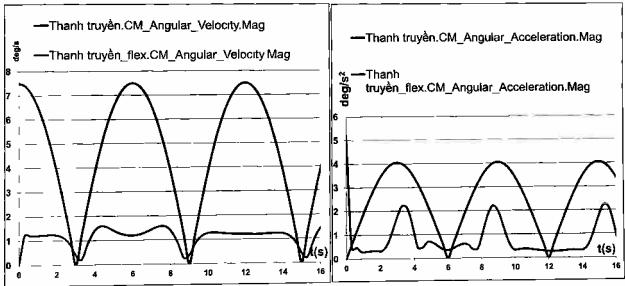
Bảng 1. Đặc tính vật liệu của các khâu trong cơ cấu tay quay con trượt:

STT	Khâu	Đặc tính vật liệu
1	Trục khuỷ	Vật liệu không biến dạng, cứng tuyệt đối
2	Thanh truyền	Khâu mềm được khai báo trong ANSYS (đơn vị IS) Phần tử SOLID185 MP, EX,1,7.22e4! Vật liệu của thanh truyền MP, PRXY,1,0.34 MP, DENS,1,2.4e-9 Phần tử BEAM188 MP, EX,2,2.1e5! Vật liệu dầm các điểm tương tác MP, PRXY,2,0.3 MP, DENS,2,0.1e-9
3	Piston	Vật liệu không biến dạng, cứng tuyệt đối



Hình 7. Mô phỏng trong ADAMS với thanh truyền cho là khâu mềm.

Ta thấy khâu mềm thanh truyền không còn giữ nguyên hình dáng mà có hiện tượng uốn cong dưới tác dụng của trường ứng suất. Điều này cho thấy động lực học vật mềm giải bài toán chính xác hơn, gần với trong thực tế hơn khi xem các khâu cứng tuyệt đối. Hình 8, hiển thị biểu đồ vận tốc và gia tốc so sánh giữa hai khâu cứng (màu xanh) và khâu mềm (màu đỏ) có sai lệch. Hai biểu đồ không bám sát nhau.



(a) Đồ thị vận tốc

(b) Đồ thị gia tốc

Hình 8. Vận tốc và gia tốc khối tâm của khâu cứng so với khâu mềm.

Biểu đồ khâu cứng dao động rất đều nhau, còn khâu mềm giao động không ổn định. Điều này xác nhận rằng đồ thị vận tốc, gia tốc khâu mềm được biểu diễn hợp lý hơn. Riêng biểu đồ gia tốc khâu mềm (màu đỏ) từ thời lúc khởi động đã nhảy vọt lên, từ thời gian 30 giây tới 40 giây có hiện tượng lên xuống đột ngột. Ta thấy biểu đồ vận tốc và gia tốc góc khối tâm khâu mềm màu đỏ thay đổi không ổn định như biểu đồ vận tốc và gia tốc khối tâm của khâu cứng (màu xanh).



4. KẾT LUẬN

Bài báo này đề nghị khung tích hợp giữa ANSYS/ADAMS thông qua tập dữ liệu trung gian, có đuôi *.MNF (modal neutral file). Tập *.MNF của khâu mềm được tạo ra nhờ ANSYS, ADAMS nhận tập *.MNF tiến hành phân tích các mô-típ và mô phỏng động lực học. So sánh kết quả cho thấy, năng suất tốt trong việc hiển thị các mô-típ dao động và tần số tự nhiên của khâu mềm. Hơn thế nữa, ADAMS cho phép xuất ngược mô hình khâu mềm về ANSYS để xác định ứng suất, biến dạng và có thể tối ưu hóa hình dạng hợp lý của khâu mềm. Các kết quả mô phỏng làm rõ hơn khả năng ứng dụng tương tác ANSYS/ADAMS trong việc giải quyết các bài toán động lực học trong thực tế, nhằm hỗ trợ tốt hơn, nhanh và hiệu quả hơn cho người kỹ sư thiết kế ra quyết định kỹ thuật một cách chính xác. Tóm lại, việc sử dụng sự tương tác giữa ANSYS/ADAMS trong việc phân tích động học, động lực học là một hướng đi mới trong lĩnh vực nghiên cứu động lực học hệ nhiều vật. ♦

Ngày nhận bài: 03/6/2018

Ngày phản biện: 17/6/2018

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Baumjohann, F., et al. 3D-multi body simulation of wind turbines with flexible components. in Proceedings of the German Wind Energy Conference DEWEK2002, Wilhelmshaven, Germany, 2002 Oktober 23. 2002.
- [2]. Eberhard, P., J. Fehr, and S. Mathuni, Influence of model reduction techniques on the impact force calculation of two flexible bodies. PAMM, 2009. 9(1): p. 111-112.
- [3]. Moghadasi, A., A. Held, and R. Seifried. Topology Optimization of Bearing Domains in Flexible Multibody Systems. in ECCOMAS Thematic Conference Multibody Dynamics, Barcelona, Spain, June. 2015.
- [4]. Zhu, C., et al. Dynamics simulation analysis of flexible multibody of parallel robot. in Applied Mechanics and Materials. 2008. Trans Tech Publ.
- [5]. Wasfy, T.M. and A.K. Noor, Computational strategies for flexible multibody systems. Applied Mechanics Reviews, 2003. 56(6): p. 553-613.
- [6]. Hać, M. and J. Łazęcki, Dynamic analysis of slider-crank mechanism: finite element and multibody approaches. Machine Dynamics Research, 2017. 40(4).
- [7]. Häußler, P., et al. Automated topology optimization of flexible components in hybrid finite element multibody systems using ADAMS/Flex and MSC. Construct. in ADAMS European User's Conference, Berchtesgaden, Germany, Nov. 2001.