

CHẾ TẠO THIẾT BỊ HỖ TRỢ PHỤC HỒI CHỨC NĂNG CHO NGƯỜI BỊ LIỆT, BỊ THOÁI HÓA KHỚP CHÂN

MANUFACTURING EQUIPMENT SUPPORTING REHABILITATION FOR PEOPLE WITH PARALYSIS AND DEGENERATIVE JOINT DISEASE

TS. Lê Hồng Kỳ, ThS. Lê Trung Hậu, ThS. Đặng Thành Tựu
Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vĩnh Long

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu tính toán, kiểm tra bền và quy trình công nghệ chế tạo thiết bị hỗ trợ phục hồi chức năng cho người bị liệt, bị thoái hóa khớp. Thiết bị này, qua giai đoạn thử nghiệm, kiểm tra tính năng kỹ thuật để đánh giá mức độ đáp ứng các mục đích, yêu cầu nghiên cứu. Thiết bị chỉ được mang vào người và được cung cấp năng lượng khi đảm bảo chắc chắn, hoạt động đồng bộ với cơ thể và không gây nguy hiểm cho con người.

Từ khóa: Động học; Động lực học; Kiểm tra bền; Phục hồi chức năng; Thiết bị; Truyền động.

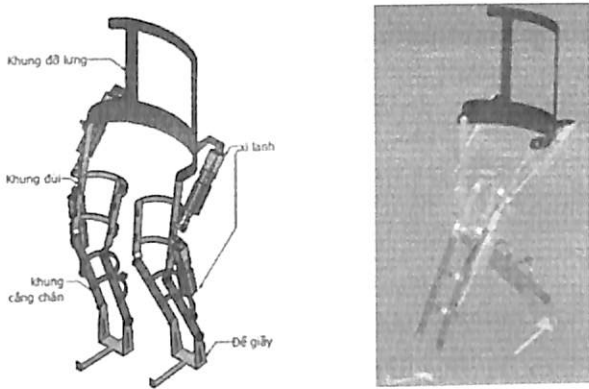
ABSTRACT

The paper presents the results of the calculation research, endurance testing and the technological process of manufacturing equipment supporting rehabilitation for people with paralysis and degenerative joint disease. This equipment must go through a stage of testing and checking technical features to assess the extent of meeting the purposes and requirements of research. The equipment is only brought into the body and is powered when it is guaranteed to be stable, functions synchronously with the body and not dangerous to humans.

Keywords: Kinetics, Dynamics, Endurance testing, Rehabilitation, Equipment, Transmission.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Kết cấu cơ khí mô hình 3D thiết bị hỗ trợ phục hồi chức năng cho người bị liệt, người bị thoái hóa khớp chân (ở đây gọi chung là thiết bị trợ lực chân) đã được thiết kế và mô phỏng động trong Inventor, như trong hình 1.



Hình 1. Kết cấu mô hình thiết bị hỗ trợ lực chân cho người khuyết tật.

Để chế tạo thiết bị, ngoài việc tính toán, kiểm tra bền và lập quy trình công nghệ gia công các chi tiết còn phải tiến hành lắp ráp và tiến hành thử nghiệm. Trong phạm vi bài báo chỉ trình bày kết quả nghiên cứu với các chi tiết của kết cấu cơ khí, hệ thống điện và điều khiển. Kiểm tra tính năng kỹ thuật của mẫu thiết bị trung gian, đánh giá mức độ đáp ứng mục đích, yêu cầu nghiên cứu, từ đó cải tiến, nâng cấp và hoàn chỉnh cho sản phẩm sau cùng.

2. CHẾ TẠO THIẾT BỊ HỖ TRỢ LỰC CHÂN

2.1. Kiểm tra bền, chế tạo phần cơ khí

Các bước thực hiện cơ bản để kiểm tra bền trong Inventor, gồm: (1) Chuẩn bị mô hình 3D; (2) Kiểm tra, gán vật liệu cho các chi tiết (Assign Materials); (3) Định nghĩa các mối tiếp xúc giữa các chi tiết, thể hiện khả năng dịch chuyển tương đối giữa các chi tiết tại bề mặt tiếp xúc; (4) chỉ định các liên kết cố định (Fixed

Constraints), có tác dụng như gối tựa tại các bề mặt không được phép chuyển động; gán tải trọng (trọng lực, tải trọng ngoài); (5) tạo lưới; (6) chạy mô phỏng, cho hiển thị các giá trị cần thiết (ở đây là ứng suất Von Mises cực đại và giá trị cực đại của biến dạng theo phương cần phân tích). Kết quả nhận được là: Ứng suất tĩnh lớn nhất, biến dạng lớn nhất và hệ số an toàn nhỏ nhất.

Việc chế tạo các chi tiết từ vật liệu là thép dạng tấm được tiến hành qua các giai đoạn: (1) Gia công tạo phôi bằng máy hàn điện; (2) Cắt tinh trên máy CNC; (3) Tạo các cung cong, góc uốn bằng máy uốn; (4) Kết nối các lá thép thành chi tiết bằng máy hàn MIG.

i) Tấm đỡ lưng

- Gán tải trọng, chia lưới như hình 2.



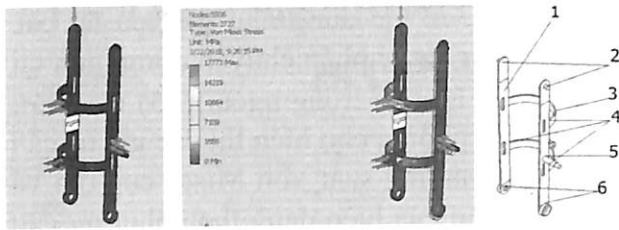
Hình 2. Kiểm tra bền, các bước gia công chi tiết tấm đỡ lưng.

- Chạy mô phỏng, cho hiển thị các giá trị cần thiết như hình 2. Các giá trị giới hạn nhận được:

- Kiểm tra độ an toàn khi tính bền cho chi tiết cho thấy chi tiết vẫn đảm bảo điều kiện chịu tải bền với điều kiện chịu tải. Tiến hành các giai đoạn gia công.

ii) Tấm bọc ống chân

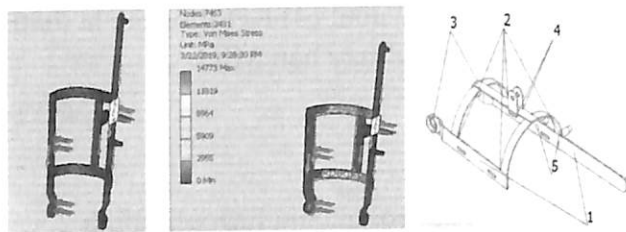
Gán tải trọng, chia lưới như hình và hiển thị kết quả mô phỏng như hình 3.



Hình 3. Kiểm tra bền, các bước gia công chi tiết tấm bọc ống chân

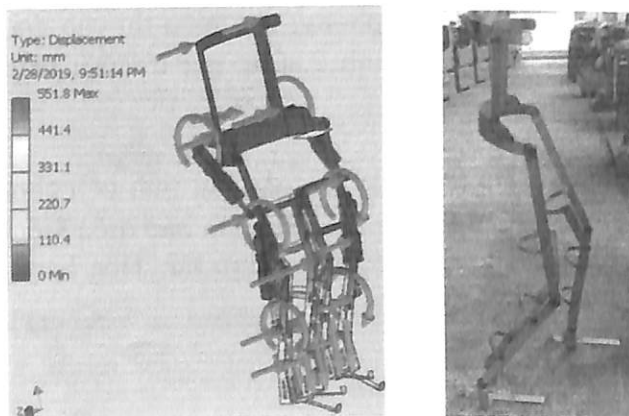
iii) Tấm bọc chân

- Gán tải trọng, chia lưới như hình và hiển thị kết quả mô phỏng như hình 4.



Hình 4. Kiểm tra bền, các bước gia công chi tiết tấm bọc chân.

Phân tích động học, động lực học và kiểm tra bền được thực hiện bằng phần mềm Inventor. Các chi tiết cơ khí được lắp ghép thành thiết bị hỗ trợ lực chân như hình 5.

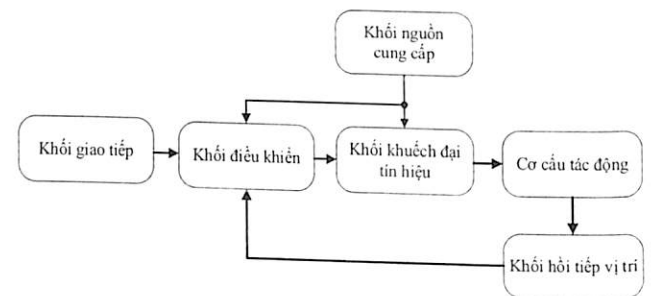


Hình 5. Kiểm tra bền, kết cấu phần cơ khí của thiết bị.

2.2. Hệ thống điện và điều khiển

i) Cấu trúc điều khiển hệ chấp hành

Cấu trúc điều khiển của cơ cấu chấp hành cho mỗi khớp bao gồm thành phần chính sau: Khối nguồn, khối điều khiển trung tâm, khối khuếch đại công suất, khối cơ cấu tác động, khối hồi tiếp vị trí thực tế góc quay các khớp, khối giao tiếp, được phân bố theo sơ đồ hình 6.



Hình 6. Cấu trúc của hệ điều khiển.

Khối nguồn: Có nhiệm vụ cung cấp nguồn năng lượng cho hệ thống hoạt động, bao gồm cả nguồn nuôi cho bộ điều khiển, các hồi tiếp vị trí, và cung cấp nguồn công suất cho hệ cơ cấu hoạt động.

Khối điều khiển trung tâm: Là vi điều khiển có khả năng lập trình được có hỗ trợ ngoại vi, có thể nhúng các giải thuật điều khiển thông dụng.

Khối khuếch đại tín hiệu: Nhận tín hiệu điều khiển từ khối điều khiển trung tâm và chuyển đổi chúng thành tín hiệu với công suất lớn hơn, cung cấp cho cơ cấu tác động.

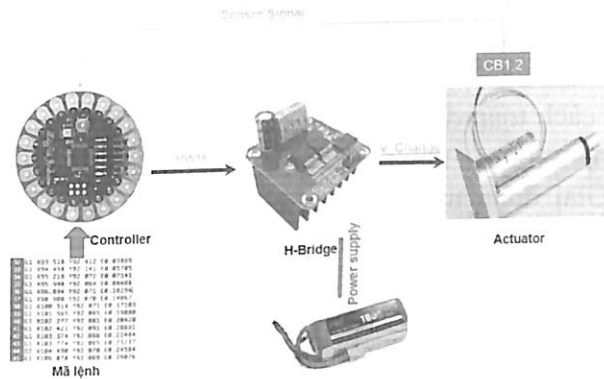
Khối cơ cấu tác động: Là thiết bị dùng chuyển đổi năng lượng điện năng thành cơ năng.

Khối hồi tiếp vị trí thực tế góc của các khớp: Trả về tín hiệu cho bộ điều khiển nhận

biết góc quay thực tế chính xác của các khớp cần điều khiển.

Khối giao tiếp: Truyền thông giữa bộ điều khiển trung tâm với các khối điều khiển khớp thành phần, để đáp ứng tín thời gian thực, đòi hỏi tốc độ truyền thông phải đạt yêu cầu.

Sơ đồ thực tế cho hệ điều khiển hoạt động tại một khớp, lưu đồ giải thuật khối điều khiển hệ cơ cấu chấp hành thể hiện trong các hình 7, hình 8.

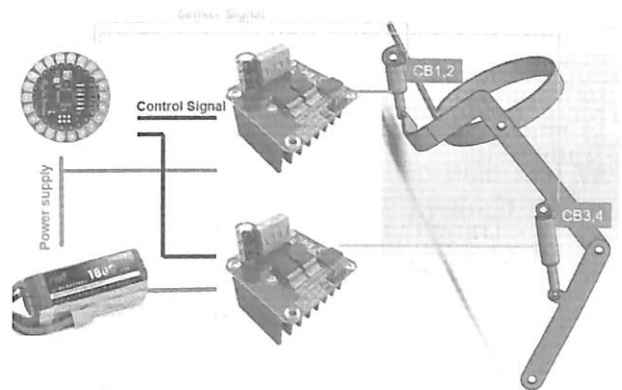


Hình 7. Sơ đồ thực tế cho hệ điều khiển hoạt động một khớp.

ii) Mô hình điều khiển hệ thống hỗ trợ lực chân

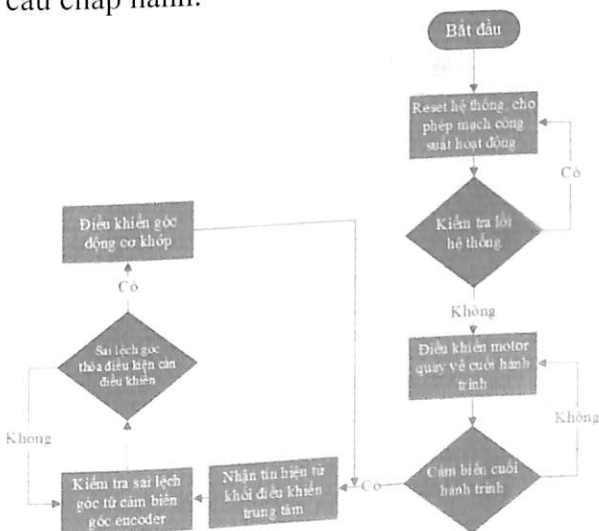
Hệ thống điều khiển bao gồm 4 module điều khiển cho mỗi khớp của hệ thống, mỗi module bao gồm một bộ xử lý trung tâm, có nhiệm vụ điều khiển chính xác vị trí của mỗi khớp, và mỗi khớp có thể giao tiếp và nhận lệnh điều khiển từ bộ điều khiển trung tâm đặt ở vị trí hông. Nơi chứa bộ điều khiển và năng lượng cung cấp cho toàn mạch.

Bộ điều khiển trung tâm có nhiệm vụ giám sát và điều khiển toàn bộ các module điều khiển từng khớp, hỗ trợ giao tiếp và lấy tín hiệu điều khiển hỗ trợ các công việc: Đo đặc phân tích tín hiệu, từ đó có thể phân tích tình trạng sức khỏe trong các bài tập hỗ trợ, hình 9, hình 10.

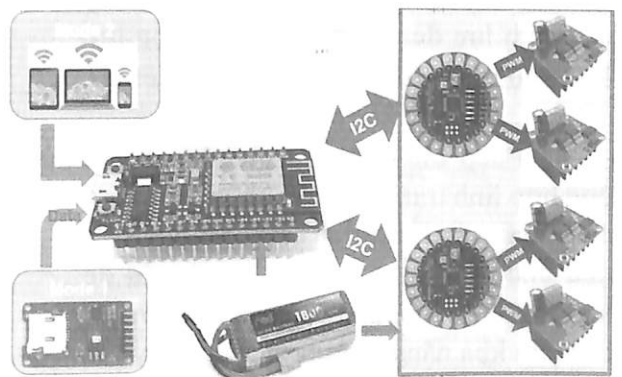


Hình 9. Sơ đồ hệ điều khiển một chân.

Lưu đồ giải thuật khối điều khiển hệ cơ cấu chấp hành:



Hình 8. Lưu đồ khối điều khiển mỗi khớp.



Hình 10. Sơ đồ hệ điều khiển toàn hệ thống.

3. THỬ NGHIỆM THIẾT BỊ

3.1. Phương pháp thử nghiệm

Quá trình thử nghiệm tiến hành đối với từng mẫu, căn cứ vào mục tiêu, nhiệm vụ của mẫu. Thiết bị chỉ được mang vào người và được cung cấp năng lượng khi đảm bảo chắc chắn về khả năng ghép vào người, khả năng hoạt động đồng bộ với cơ thể và không gây nguy hiểm cho người mang. Các mẫu thiết bị được thử theo các phương pháp gián tiếp và trực tiếp.

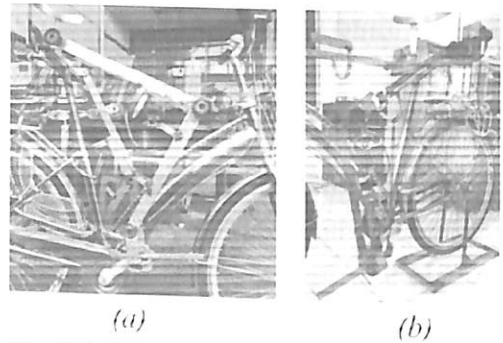
i) Thử nghiệm gián tiếp (gắn trên giá đạp xe)

Giá thử đạp xe, hình 11, dùng để thử nghiệm chức năng vận động của các khớp, khi chưa thể mặc chúng lên người. Trên giá này, thiết bị hoạt động ở 1 trong 2 trạng thái:

- Trạng thái bị động, hai bàn chân thiết bị được gắn trên bàn đạp và được truyền mô men bằng cách quay bánh sau xe đạp. Mục đích của phép thử này là kiểm tra khả năng chuyển động của các khớp và sensor góc khớp.

- Trạng thái chủ động: Thiết bị phải sinh lực để đạp xe. Nguồn động lực là các động cơ của các khớp trên thiết bị.

Phép thử này cho phép đánh giá tổng hợp tình trạng của các khớp, hệ thống chấp hành và điều khiển chuyển động. Tín hiệu góc của các khớp được hiển thị để đánh giá chu kỳ vận động, đồng thời, để kiểm tra khả năng phối hợp các khớp, các thiết bị chấp hành và thuật toán phối hợp chuyển động.



Hình 11. Giá thử đạp xe bị động (a) và chủ động (b)

ii) Thử nghiệm trực tiếp (mang trên người đi trên mặt phẳng địa hình)

Thử nghiệm đi bộ trên mặt bằng là giai đoạn thử nghiệm cuối cùng, hình 10, để đánh giá một cách toàn diện kết cấu cơ khí, hệ điều khiển và kiểm tra các thông số kỹ thuật cơ bản của thiết bị. Giai đoạn thử nghiệm trên địa hình thực là môi trường hoạt động của thiết bị. Ở thử nghiệm này, chỉ có thể đánh giá một cách định tính các tính năng (trạng thái tải trọng đè lên người, cảm giác thoải mái hay vướng víu, mức độ tổn hao sức lực,...) thông qua cảm giác của người mang. Vì vậy, trước khi đi thử trên địa hình, người mang cần được luyện tập trước với thiết bị để có cảm giác thực, ổn định.



Hình 12. Thử nghiệm thiết bị trên thực địa.

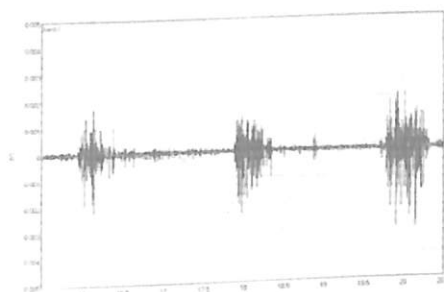
iii) Đo và hiển thị góc các khớp

Đo và hiển thị góc các khớp và cho hiển thị lên màn hình, hình 13. Khi kết nối với máy tính với phần mềm thu thập và xử lý tín hiệu đo, có thể

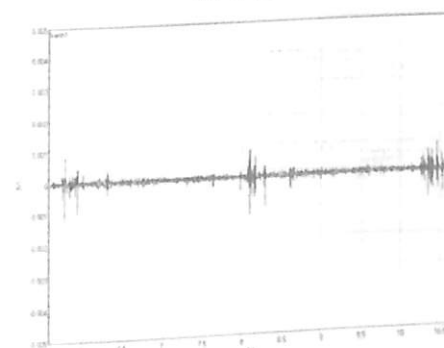
hiển thị các kết quả đo bằng các đồ thị tương ứng. Hình 14 và hình 15 là đồ thị biểu diễn tín hiệu khi không hỗ trợ và có hỗ trợ, so sánh cho thấy tác dụng hỗ trợ là rất rõ rệt.



Hình 13. Màn hình hiển thị góc khớp khi thử nghiệm đạp xe.



Hình 14. Tín hiệu thô khi đi trên mặt bằng không hỗ trợ.



Hình 15. Tín hiệu thô khi đi trên mặt bằng có hỗ trợ.

3.2. Đánh giá kết quả thử nghiệm

Từ kết quả thử nghiệm, có thể đánh giá về kết cấu khung thiết bị hỗ trợ, như sau:

- Các khớp hoạt động không có giật cục do khe hở, vị trí lắp các đo góc là chính xác.

- Hệ khung thiết bị hỗ trợ làm việc ổn định, ít phụ thuộc vào tải trọng.

- Hệ khung thiết bị hỗ trợ làm việc ổn định và ít gây vướng víu cho người.

3.3. Giải pháp hoàn thiện thiết bị

Các mẫu mới nhất nên dùng vật liệu nhẹ, bền, như sợi các bon, hợp kim nhôm cường độ cao, hợp kim Titan,...

Thay thế động cơ khí nén bằng động cơ điện có kèm bộ giảm tốc không gây hạn chế phạm vi hoạt động của khớp.

4. KẾT LUẬN

Sau khi chế tạo hệ thống truyền động cơ khí, việc thiết kế và chế tạo hệ thống truyền động điện với hệ thống điều khiển đã tạo ra sản phẩm hỗ trợ phục hồi chức năng cho người bị liệt, bị thoái hóa khớp chân. Các mẫu thiết bị được thử theo các phương pháp gián tiếp và trực tiếp để kiểm tra tính năng kỹ thuật, nhằm đánh giá mức độ đáp ứng tính năng kỹ thuật, mục tiêu và yêu cầu nghiên cứu. Chỉ khi đảm bảo chắc chắn về khả năng ghép vào người, khả năng hoạt động đồng bộ với cơ thể và không gây nguy hiểm cho con người mới được mang vào người và được cung cấp năng lượng để hoạt động cùng với người mang. ❖

Ngày nhận bài: 08/8/2019

Ngày phản biện: 18/8/2019

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Trịnh Chất, Lê Văn Uyển; *Tính toán thiết kế hệ dẫn động cơ khí*, tập 1,2; NXB. Giáo dục Việt Nam, Hà Nội, 2009.
- [2]. Nguyễn Văn Cường, Lê Hồng Kỳ, Mạc Thị Bích; *Phân tích thiết kế và mô phỏng động lực học cơ cấu máy*; NXB. Khoa học Kỹ thuật, Hà Nội, 2018.
- [3]. Lê Hồng Kỳ, Lê Hoàng Anh; *Nghiên cứu động học, động lực học và kiểm tra bền thiết bị hỗ trợ phục hồi chức năng cho người bị liệt, bị thoái hóa khớp chân*, Tạp chí Cơ khí Việt Nam, Hà Nội, 2019.