

Thiết kế, chế tạo thiết bị cầm tay đo áp lực của trang phục lên cơ thể người sử dụng cảm biến áp khí MPX10DP

Designing and Fabricating a Handy Instrument for Measuring Clothing Pressure on the Human Body using MPX10DP Pressure Sensor

Phan Thanh Thảo*, Vũ Xuân Hiền

Trường Đại học Bách khoa Hà Nội – Số 1, Đại Cồ Việt, Hai Bà Trưng, Hà Nội
Đến Tòa soạn: 16-3-2018; chấp nhận đăng: 20-3-2019

Tóm tắt

Báo cáo này trình bày kết quả thiết kế và chế tạo thiết bị cầm tay có khả năng đo áp lực của trang phục lên cơ thể người sử dụng cảm biến MPX10DP. Thiết bị sau chế tạo hoạt động dựa trên khả năng cảm nhận các áp lực khí truyền từ túi khí tới cảm biến. Vì vậy, thiết bị có khả năng đo áp lực cho các bề mặt không phẳng, bề mặt cong như các bộ phận trên cơ thể người. Thiết bị có khả năng kết nối với máy tính để hiển thị kết quả, lưu trữ dữ liệu thông qua kết nối USB hoặc Bluetooth bằng phần mềm được xây dựng trên môi trường Window. Thiết bị thử nghiệm sau chế tạo được kiểm chuẩn bằng đồng hồ đo áp lực ALP K2 đang được sử dụng phổ biến trong các máy đo huyết áp. Độ chính xác, độ trôi giá trị áp lực của thiết bị trong quá trình vận hành được đo đạc và đánh giá.

Từ khóa: Áp lực trang phục, áp lực quần áo bó sát, cảm biến áp khí.

Abstract

This research introduces the design and fabrication of handy instrument which can measure the pressure of costume on the human body using a MPX10DP pressure sensor. The instrument operation is based on the sensing capacity of gaseous pressure transferred from a small airbag to the pressure sensor. Therefore, the device can measure pressure in many cases e.g. pressure applied to curvy surfaces like human parts. The device can communicate with a homemade software on the computer to display and record measured data via USB or Bluetooth communication method. The prototype device is calibrated by a pressure gauge named ALP K2 which is frequently used on commercial blood-pressure monitors. Finally, the accuracy and the data shift of the device during the operation is investigated and discussed.

Keywords: Clothing pressure, garment pressure, force sensors, force sensing resistors.

1. Đặt vấn đề

Trong quá trình mặc, quần áo luôn gây một áp lực lên cơ thể người. Áp lực này có thể có tác dụng chính hình cơ thể, đem đến cảm giác thoải mái tiện nghi khi mặc, tăng cường khả năng vận động, phòng chống các bệnh giãn tĩnh mạch và hỗ trợ điều trị sau phẫu thuật nhưng ngược lại cũng có thể đem đến cảm giác khó chịu cho người mặc nếu giá trị áp lực vượt quá ngưỡng chịu đựng tối đa của con người. Việc xác định áp lực của trang phục lên từng vùng cơ thể, là cơ sở cho các nhà thiết kế lựa chọn nguyên liệu, kết cấu sản phẩm, tính toán kích thước các chi tiết phù hợp với mục đích sử dụng trang phục.

Hiện nay trên thế giới có nhiều phương pháp khác nhau để xác định áp lực của trang phục lên cơ thể người mặc trong quá trình sử dụng. Trong đó phương pháp mô phỏng áp lực [1, 2], tính toán áp lực [3] và phương

pháp đo đạc trực tiếp bằng việc sử dụng cảm biến lực [4, 5] được áp dụng khá phổ biến.

Phương pháp mô phỏng và tính toán áp lực của quần áo lên cơ thể người trên các phần mềm máy tính dựa trên cơ sở mô phỏng hình dạng bề mặt và cấu trúc cơ thể người, mô phỏng các đặc trưng cơ học của vải. Phương pháp này rất phức tạp, đòi hỏi người dùng cần phải có chuyên môn cao, thiết bị và phần mềm máy tính chuyên dụng.

Với phương pháp đo trực tiếp, phần lớn các thiết bị đều sử dụng cảm biến lực để đo áp lực của trang phục lên cơ thể. Các cảm biến lực được gắn trực tiếp vào lớp giữa cơ thể người và trang phục hoặc lớp giữa trang phục và bề mặt ma-nơ-canh. Giá trị được hiển thị tại từng vị trí đo, từ đó ta có thể xây dựng được biểu đồ áp lực của trang phục lên từng vùng cơ thể người mặc.

* Địa chỉ liên hệ: Tel: (+84) 919.785.668
Email: thao.phanthanh@hust.edu.vn

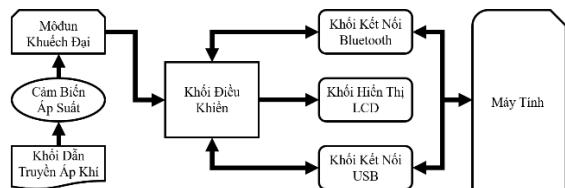
Nghiên cứu trước của chúng tôi sử dụng cảm biến Flexiforce của hãng Tekscan Hoa Kỳ để thiết kế chế tạo thiết bị đo áp lực của trang phục lên cơ thể người [5]. Tuy nhiên, thiết bị này có hạn chế trong việc đo áp lực lên các bề mặt không phẳng hoặc mặt cong của cơ thể do cảm biến Flexiforce chỉ hoạt động với áp lực đặt vuông góc với bề mặt cảm biến. Chính vì vậy trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng cảm biến áp khí MPX10DP của hãng NXP USA Inc. sản xuất tại Mỹ để thiết kế, chế tạo một thiết bị mới có khả năng đo áp lực lên bề mặt cong như bề mặt các bộ phận cơ thể người tốt hơn. Các cảm biến này có độ nhạy, độ chính xác cao và ổn định trong quá trình sử dụng nên kết quả thu được hoàn toàn phù hợp với các nghiên cứu trước đây về đo áp lực của trang phục lên cơ thể người. Để hiển thị kết quả đo, chúng tôi đã thiết kế một phần mềm chạy trên môi trường Window để biểu diễn và lưu dữ liệu đo thành các định dạng chuẩn có thể xử lý bằng các phần mềm Orgin hoặc Excel. Thông số kỹ thuật của cảm biến MPX10DP được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Các thông số kỹ thuật của cảm biến MPX10DP

| | |
|------------------------|---|
| Điện áp hoạt động | 3-6 V |
| Độ lặp lại kết quả đo | < ± 2.5% toàn dải, cảm biến đã được tinh chỉnh, 80% tải |
| Độ trễ | <0.1% toàn thang |
| Độ trôi theo thời gian | ~0% trong 15 phút đo đầu tiên. Sau 15 phút, giá trị áp lực bị trôi lớn nhất là 2.6% khi đo liên tục tại một điểm áp suất trong 2 giờ. |
| Thời gian đáp ứng | <1 msec |
| Nhiệt độ hoạt động | -40 °C - +125 °C |
| Độ nhạy | 3.5 mV/kPa |
| Dải lực đo | 0 ÷ 14.67 kPa tương đương 0 ÷ 110 mmHg |

2. Thiết kế thiết bị đo áp lực sử dụng cảm biến

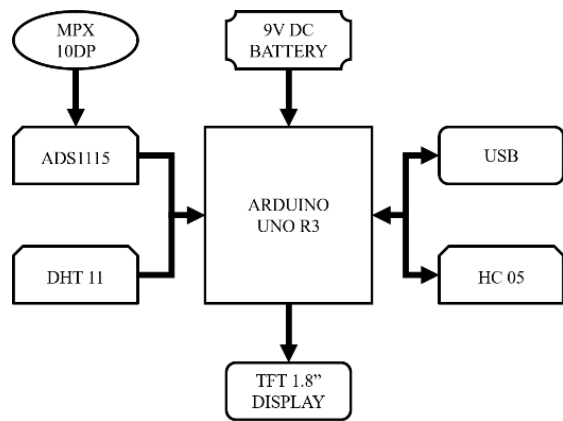
2.1. Thiết kế mạch xử lý tín hiệu áp lực của quần áo bó sát lên cơ thể người



Hình 1. Sơ đồ khối chức năng của mạch xử lý tín hiệu.

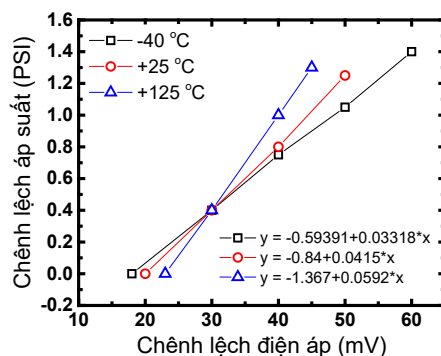
Mạch xử lý tín hiệu áp lực của quần áo bó sát lên cơ thể người được xây dựng dựa trên 3 khối chức năng chính được biểu diễn như trên Hình 1. Ba khối chức năng bao gồm: khối cảm biến, khối điều khiển và khối hiển thị. Khối cảm biến gồm các ống dây truyền dẫn

khí không giãn nở để truyền dẫn áp lực từ quần áo bó tới cảm biến áp suất. Tín hiệu điện áp sinh ra trên cảm biến áp suất (thay đổi tuyến tính theo sự thay đổi của áp suất) được khuếch đại và chuyển đổi sang dạng tín hiệu số bằng một mô-đun khuếch đại. Dữ liệu dạng số này được ghi nhận và biến đổi ngược thành giá trị áp suất thông qua khối điều khiển. Giá trị áp suất này được hiển thị trên màn hình LCD hoặc hiển thị trên máy tính thông qua các kết nối như USB hoặc Bluetooth. Sơ đồ ghép nối các mô-đun trong mạch xử lý tín hiệu áp lực được biểu diễn trên Hình 2. Trong đó, khối điều khiển chính của thiết bị là một mạch Arduino Uno R3. Cảm biến áp suất được chọn là MPX10DP. Tín hiệu điện áp từ cảm biến áp suất được khuếch đại và chuyển đổi sang tín hiệu số qua mô-đun ADS1115. Do hoạt động của cảm biến áp suất MPX10DP phụ thuộc vào nhiệt độ môi trường bên ngoài nên mô-đun cảm biến nhiệt độ DHT11 được lựa chọn để kiểm tra thông số môi trường bên ngoài. Màn hình hiển thị được lựa chọn là màn TFT 1,8". Mô-đun Bluetooth HC05 được lựa chọn để đồng bộ dữ liệu với máy tính. Ngoài ra, thiết bị hoạt động với nguồn điện 9VDC được cung cấp bởi một viên pin xạc vuông 9V.



Hình 2. Sơ đồ khối ghép nối các mô-đun, linh kiện mạch xử lý tín hiệu.

2.2. Xây dựng đường đặc tuyến giữa tín hiệu cảm biến và áp suất



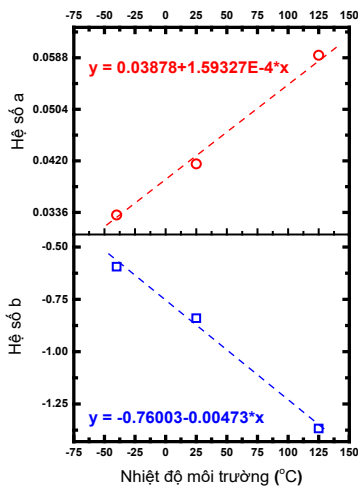
Hình 3. Đường đặc tuyến tín hiệu cảm biến và áp suất.

Đường đặc tuyến giữa tín hiệu của cảm biến áp suất hay còn gọi là độ chênh lệch điện áp với độ chênh lệch áp suất được biểu diễn trên hình. Theo đường đặc tuyến này, độ chênh lệch áp suất và tín hiệu cảm biến là các hàm tuyến tính và phụ thuộc nhiệt độ môi trường, được khảo sát từ -40 °C đến +125 °C. Độ chênh lệch điện áp lớn nhất mà cảm biến có thể ghi nhận là 60 mV tương ứng với giá trị chênh lệch áp suất 1,4 PSI ở nhiệt độ -40 °C. Với nhiệt độ 25 °C, độ chênh lệch áp suất lớn nhất có thể ghi nhận được là 1,3 PSI. Như vậy, để xây dựng được một đường đặc tuyến hay một phương trình duy nhất giữa tín hiệu cảm biến và độ chênh lệch áp suất, thông số nhiệt độ môi trường cần được thêm vào phương trình đặc tuyến.

Do phương trình đặc tuyến của cảm biến áp suất tại từng điểm nhiệt độ là các hàm tuyến tính theo phương trình $y = b + ax$. Theo như Hình 3, ta có thể thấy các hệ số b và a của phương trình đặc tuyến thay đổi giá trị theo nhiệt độ môi trường. Chính vì vậy, để xây dựng một phương trình duy nhất liên hệ giữa tín hiệu cảm biến và độ chênh lệch áp suất, các hệ số a và b của phương trình đặc tuyến phải là các hàm phụ thuộc nhiệt độ. Hình 4 mô tả sự phụ thuộc của các hệ số a và b từ phương trình đặc tuyến đến nhiệt độ môi trường. Như vậy, phương trình đặc tuyến của cảm biến áp suất đã tham chiếu thông số nhiệt độ môi trường sẽ có dạng:

$$y = \{-0,76003 - 0,00473T\} + \{0,03878 + 1,59327E - 4T\}x \quad (1)$$

trong đó, T là giá trị nhiệt độ môi trường (°C) và x là độ chênh lệch điện áp đo được từ cảm biến áp suất (mV).

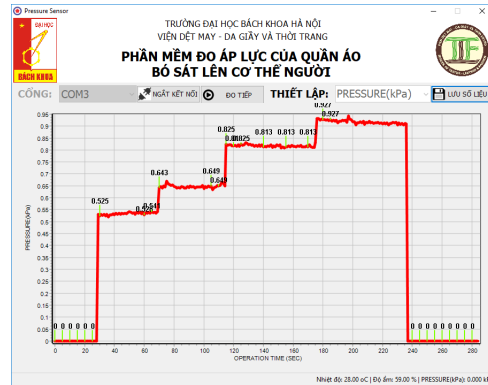


Hình 4. Sự phụ thuộc của các hằng số trong phương trình đặc tuyến vào nhiệt độ môi trường.

2.3. Thiết kế giao diện và chức năng của phần mềm kết nối

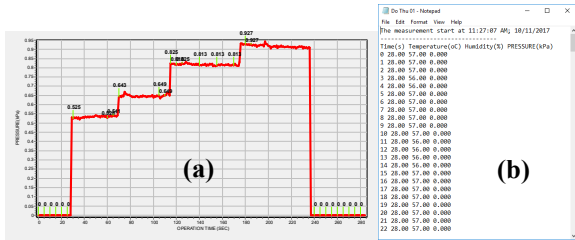
Phần mềm giao tiếp với thiết bị đo áp lực quần áo với mục đích truyền nhận thông số điều khiển như đơn

vị đo áp lực kết hợp với hiển thị và lưu trữ dữ liệu áp lực theo thời gian là một sản phẩm quan trọng hỗ trợ quá trình lấy dữ liệu. Các dữ liệu áp lực theo thời gian sau đó sẽ giúp quá trình phân tích và đánh giá mẫu được chính xác và hiệu quả hơn. Hiện nay, có nhiều công cụ lập trình cho phép xây dựng các phần mềm chạy trên nền Window cũng như các hệ điều hành di động khác như Visual Studio IDE hoặc Rad Studio vv... Trong số đó, ngôn ngữ Delphi nằm trong bộ Rad Studio cho phép xây dựng các phần mềm đa nền tảng dựa trên ngôn ngữ Pascal quen thuộc. Đây cũng là một trong những công cụ phổ biến nhất hiện nay trong thiết kế và lập trình phần mềm.



Hình 5. Giao diện phần mềm điều khiển trên Window.

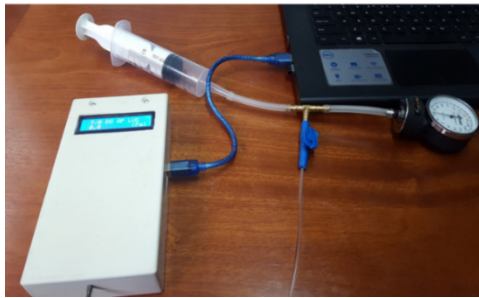
Phần mềm kết nối thiết bị đo áp lực được thiết kế và xây dựng bằng Delphi 10. Phần mềm có khả năng giao tiếp với thiết bị đo thông qua cổng USB hoặc sóng Bluetooth. Thiết kế giao diện của phần mềm được mô tả trên Hình 5. Đầu tiên để kết nối phần mềm với thiết bị đo, công kết nối “COM” cần được chọn. Người sử dụng có thể kết nối hoặc ngắt kết nối với thiết bị sau khi đã chọn cổng kết nối. Do mô-đun Bluetooth hoạt động theo giao tiếp Bluetooth serial port trong tự như các cổng nối tiếp khác nên người sử dụng có thể chọn các cổng nối tiếp Bluetooth ở đây để kết nối. Trong mục thiết lập, người sử dụng có thể lựa chọn đơn vị áp lực mà mình muốn đo. Sau khi lựa chọn, đơn vị áp lực này sẽ được lưu vào bộ nhớ trong của thiết bị và tự động hiển thị ở các lần đo sau. Đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc giữa thời gian và áp lực đo được chiếm 70% diện tích hiển thị của chương trình. Các giá trị đo thực tế được tự động đánh dấu trên đồ thị sau mỗi 5 giây. Trong quá trình đo, người sử dụng có thể bỏ chức năng tự đánh dấu hoặc xóa đồ thị bằng cách nhấp chuột phải vào đồ thị và chọn mục tương ứng. Thanh trạng thái của chương trình luôn hiển thị các thông số nhiệt độ, độ ẩm và áp lực mới nhất. Sau khi hoàn tất quá trình đo, các dữ liệu đo được lưu lại thành hai tệp ở định dạng .EMF và .TXT. Hình ảnh dữ liệu đo sau khi lưu được biểu diễn trên Hình 6. Dữ liệu dạng .TXT có thể được mở và sử dụng dễ dàng bằng các phần mềm phân tích, vẽ đồ thị như Excel, Origin...



Hình 6. Dữ liệu đo sau khi lưu dưới dạng đồ thị (a) và dạng text (b).

2.4. Đánh giá độ chính xác của thiết bị

Để kiểm chuẩn thiết bị, chúng tôi sử dụng đồng hồ đo áp suất ALP K2 được nối với thiết bị đo và một xilanh khí thông qua ống silicon. Sau khi thiết lập hệ như trên Hình 7, không khí được xi lanh bơm vào thiết bị theo từng 10 mmHg, đọc theo giá trị trên đồng hồ đo áp suất. Thiết bị được đặt ở thang đo mmHg. Giá trị áp suất hiển thị trên thiết bị và phân mềm trên máy tính được ghi vào Bảng 2. Phép đo được lặp lại 10 lần tại mỗi điểm áp suất.



Hình 7. Hình ảnh kiểm chuẩn thiết bị thử nghiệm.

Bảng 2. Giá trị áp suất trên thiết bị trong 10 lần đo ở các điểm áp suất khác nhau.

| mmHg Lần | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 |
|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|
| 1 | 20 | 31 | 41 | 48 | 59 | 70 | 80 | 91 | 100 | 109 |
| 2 | 21 | 28 | 39 | 50 | 59 | 71 | 82 | 88 | 98 | 110 |
| 3 | 18 | 31 | 41 | 50 | 60 | 72 | 81 | 88 | 101 | 111 |
| 4 | 22 | 32 | 42 | 51 | 61 | 71 | 82 | 90 | 98 | 109 |
| 5 | 18 | 31 | 39 | 51 | 60 | 71 | 79 | 92 | 102 | 110 |
| 6 | 20 | 32 | 40 | 49 | 62 | 69 | 79 | 91 | 98 | 110 |
| 7 | 20 | 31 | 41 | 49 | 61 | 72 | 82 | 88 | 101 | 109 |
| 8 | 20 | 30 | 39 | 51 | 58 | 70 | 81 | 92 | 98 | 110 |
| 9 | 18 | 30 | 41 | 51 | 59 | 70 | 82 | 91 | 100 | 112 |
| 10 | 20 | 28 | 41 | 49 | 61 | 69 | 78 | 91 | 102 | 110 |

Sau khi xử lý số liệu, ta có bảng giá trị trung bình và sai số giá trị áp suất giữa thiết bị đo và đồng hồ ALP K2 như trên Bảng 3.

Bảng 3. Giá trị trung bình áp lực trên thiết bị đo và sai số

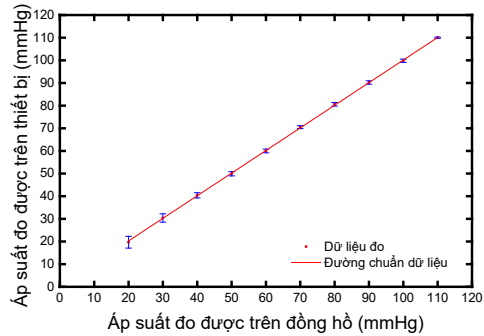
| mmHg TB | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| \bar{P} | 19,7 | 30,4 | 40,4 | 49,9 | 60 | 70,5 | 80,6 | 90,2 | 99,8 | 110 |
| ΔP | 1,02 | 1,12 | 0,92 | 0,92 | 1,00 | 0,9 | 1,28 | 1,36 | 1,44 | 0,60 |
| % | 5,18 | 3,68 | 2,28 | 1,84 | 1,67 | 1,28 | 1,59 | 1,51 | 1,44 | 0,55 |

Với kết quả này, sai số lớn nhất của thiết bị với áp suất 20 mmHg là 5.18%. Sai số này dưới 1% khi áp suất đặt lên thiết bị lớn hơn đạt 110 mmHg. Từ giá trị thu được từ bảng trên, ta vẽ được đồ thị sự phụ thuộc giữa giá trị áp suất đo được trên thiết bị và trên đồng hồ như ở Hình 8.

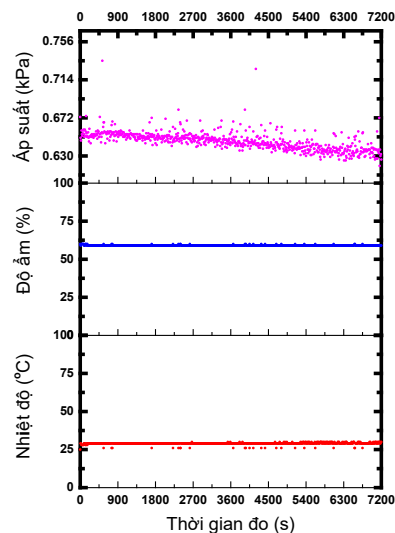
Quá trình khảo sát với khí bơm tới 110 mmHg tương đương 14,67 kPa phù hợp với dải đo của cảm biến. Dựa vào số liệu đo, đồ thị và đường hiệu chỉnh, ta thấy giá trị áp suất đo được trên thiết bị có sự phù hợp tốt với giá trị áp suất đo được trên đồng hồ ALP K2 với giá trị bình phương hiệu chỉnh $R^2 = 99\%$.

2.5. Đánh giá độ trôi kết quả đo của thiết bị

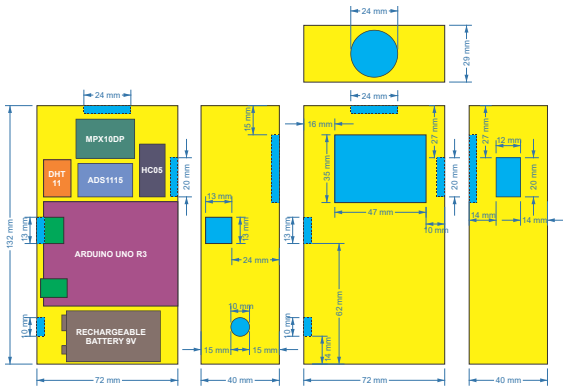
Để khảo sát độ trôi giá trị áp suất của thiết bị đo. Chúng tôi khảo sát sự thay đổi giá trị áp suất của thiết bị trong 120 phút sau khi đặt một áp lực cố định lên cảm biến. Áp lực cố định này được tạo ra bởi quả tát mặc trên một thiết bị giả đùi. Kết quả được biểu diễn trên Hình 9.



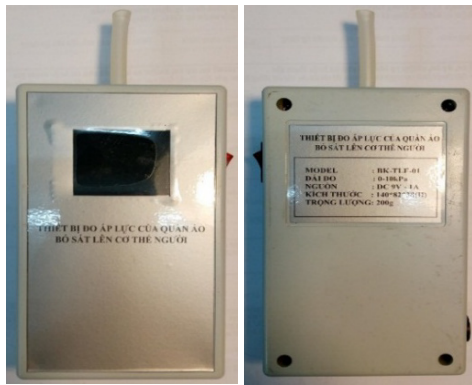
Hình 8. Đồ thị so sánh giá trị áp suất đo được trên đồng hồ ALP K2 và trên thiết bị đo.



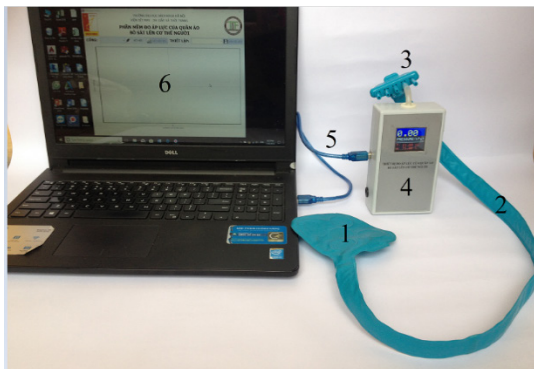
Hình 9. Đồ thị sự thay đổi áp lực theo thời gian đo



Hình 10. Thiết kế vỏ hộp thiết bị và bố trí các linh kiện.



Hình 11. Ảnh chụp thiết bị sau khi hoàn thiện.



Hình 12. Ảnh chụp hệ thống thiết bị đo áp lực của trang phục lên cơ thể người sử dụng cảm biến áp khí MPX10DP

- 1- Cảm biến áp khí
- 2- Khỏi dẫn truyền khí
- 3- Mô đun khuếch đại
- 4- Khỏi điều khiển
- 5- Dây kết nối Bluetooth với máy tính
- 6- Phần mềm hiển thị thông số trên máy tính.

2.6. Hoàn thiện vỏ hộp thiết bị

Vỏ hộp thiết bị được gia công từ vỏ nhựa PVC với kích thước 72x132 mm². Các linh kiện và thiết kế

các rãnh khoét trên vỏ hộp được thể hiện trên Hình 10. Trong đó các rãnh khoét trên vỏ hộp được gia công chính xác bằng phương pháp phay CNC. Các linh kiện được đính với vỏ hộp bằng keo nhiệt. Vỏ hộp đựng linh kiện sau khi hoàn thiện được lựa chọn với kích thước 142x82x40 mm. Vỏ hộp gồm mặt đáy và mặt trước được khoét lỗ cho cổng USB, nguồn DC 9V, màn hình TFT, đầu nối ống dẫn khí.

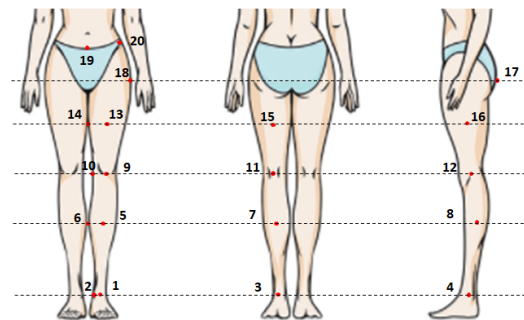
Ảnh chụp thiết bị sau khi gia công hoàn thiện được biểu diễn trên Hình 11. Hình ảnh mô tả hệ thống thiết bị và cảm biến áp khí MPX10DP được biểu diễn trên Hình 12.

2.7. Ứng dụng thiết bị chế tạo đo áp lực của trang phục lên cơ thể người trong quá trình mặc

Nhóm nghiên cứu đã chế tạo thành công thiết bị cầm tay đo áp lực của trang phục lên cơ thể người.

Chúng tôi đã sử dụng thiết bị trong nghiên cứu tiến hành thực nghiệm đo áp lực của 03 nhóm chủng loại trang phục bó sát như: quần leggings [6], băng đai chỉnh hình cơ thể nữ [7] và áo lót ngực [8] lên cơ thể nữ sinh viên trường Đại học Bách khoa Hà Nội. Trong các nghiên cứu này, tác giả và nhóm nghiên cứu tiến hành khảo sát 108 nữ sinh viên Việt Nam tuổi từ 18 đến 22 tuổi, chiều cao từ 150 cm đến 164 cm, chỉ số BMI từ 18.5 ≤ BMI ≤ 23 theo tiêu chuẩn TCVN 5782 - 2009). Tiến hành lựa chọn ra được 6 đối tượng được phân ra thành 3 nhóm kích cỡ dựa theo chỉ số khối cơ thể BMI. Quá trình thực nghiệm đo áp lực của các trang phục bó sát lên cơ thể người mặc được thực hiện khi đối tượng đo ở tư thế tĩnh và các tư thế vận động khác nhau.

Trong nghiên cứu [6], nhóm tác giả tiến hành đo áp lực tại 20 điểm đo trên phần thân dưới cơ thể khi đối tượng đo ở tư thế tĩnh mặc quần leggings với 3 cỡ S, M, L được minh họa trên Hình 13.

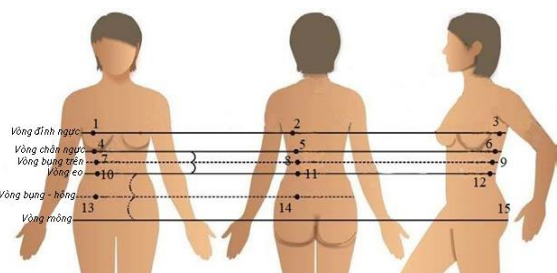


Hình 13. Vị trí 20 điểm đo áp lực phần thân dưới cơ thể

Trong bài báo này, chúng tôi trình bày minh họa kết quả thực nghiệm đo áp lực của quần leggings lên 01 đối tượng cỡ trung bình được trình bày trong Bảng 4.

Bảng 4. Áp lực của quần leggings lên phần thân dưới cơ thể (mmHg)

| Vị trí đo | Điểm đo | S | M | L |
|-----------|---------|-------|-------|-------|
| Cổ chân | 1 | 5,21 | 3,18 | 2,56 |
| | 2 | 2,03 | 1,31 | 0,77 |
| | 3 | 9,13 | 7,28 | 3,10 |
| | 4 | 7,59 | 4,52 | 0,81 |
| Bắp chân | 5 | 12,56 | 9,97 | 8,20 |
| | 6 | 13,82 | 11,72 | 10,66 |
| | 7 | 14,07 | 11,87 | 11,03 |
| | 8 | 13,21 | 11,24 | 10,42 |
| Đầu gối | 9 | 15,40 | 14,06 | 8,17 |
| | 10 | 7,59 | 6,53 | 6,05 |
| | 11 | 5,51 | 4,52 | 3,99 |
| | 12 | 2,83 | 2,16 | 0,79 |
| Đùi | 13 | 4,91 | 3,27 | 2,66 |
| | 14 | 3,44 | 2,84 | 2,18 |
| | 15 | 3,26 | 2,79 | 2,07 |
| | 16 | 2,84 | 1,98 | 1,52 |
| Mông | 17 | 3,91 | 2,44 | 2,27 |
| Hông | 18 | 5,05 | 3,76 | 3,08 |
| Cạp | 19 | 10,54 | 9,42 | 7,94 |
| Bụng | 20 | 3,26 | 2,23 | 1,215 |



Hình 14. Vị trí các điểm đo áp lực của băng đai lên phần trên cơ thể nữ sinh viên Việt Nam [7].

Kết quả trên cho ta thấy, giá trị áp lực lớn nhất nằm ở các điểm 5-9 và 19, tức là vùng bắp chân, mặt trước đầu gối và cạp quần. Các vùng cổ chân, mặt, mông, bụng, áp lực nhỏ hơn đáng kể. Xét giá trị áp lực của quần có size khác nhau lên cơ thể người trên cùng một điểm đo ta thấy, khi mẫu mặc quần có kích thước nhỏ hơn thì áp lực tương tác lên cơ thể lớn hơn, người mặc cũng cảm nhận rõ điều đó phụ thuộc mức độ bó sát của quần đối với cơ thể.

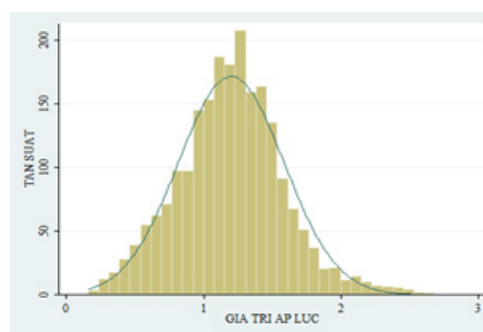
Trong nghiên cứu [7], tác giả và nhóm nghiên cứu tiến hành đo áp lực của băng đai chính hình cơ thể lên phần trên cơ thể với 15 điểm đo tại vòng đỉnh ngực, vòng chân ngực, vòng bụng trên, vòng eo, vòng bụng – hông và vòng mông của đối tượng đo được minh họa trên Hình 14. Sử dụng sản phẩm băng đai của hãng Triumph của CHLB Đức - một hãng đồ lót thời trang danh tiếng. Thông số vật liệu của băng đai được xác định tại trung tâm thí nghiệm vật liệu Dệt may của Viện Dệt May – Da giày & Thời trang của trường Đại học Bách Khoa Hà Nội. Từ mẫu băng đai này, chúng tôi thiết kế và gia công các mẫu băng đai thí nghiệm có

bán rộng 5cm, chiều dài băng đai gồm 3 nấc đo, mỗi nấc chênh lệch 2 cm [7].

Kết quả thống kê giá trị áp lực trung bình của băng đai lên cơ thể 6 nữ sinh viên ở 3 nấc đo tại 15 vị trí trên các vòng đỉnh ngực, vòng chân ngực, vòng eo, vòng bụng mông, vòng mông như trong Bảng 5 và thể hiện trực quan trên biểu đồ tần số Hình 15.

Bảng 5. Bảng thống kê giá trị áp lực của băng đai lên cơ thể trên 3 nấc đo

| Đối tượng | Nấc đo | Giá trị áp lực trung bình của 15 điểm đo (mmHg) | | | |
|--------------------|--------|---|---------------|------------------|------------------|
| | | Giá trị trung bình | Độ lệch chuẩn | Giá trị nhỏ nhất | Giá trị lớn nhất |
| 1 | Nấc 1 | 11,93 | 2,78 | 6,53 | 20,18 |
| | Nấc 2 | 10,73 | 2,48 | 5,55 | 17,10 |
| | Nấc 3 | 6,30 | 2,25 | 1,20 | 11,40 |
| 2 | Nấc 1 | 10,88 | 2,78 | 5,48 | 19,13 |
| | Nấc 2 | 9,68 | 2,48 | 4,50 | 16,13 |
| | Nấc 3 | 6,98 | 2,25 | 1,88 | 12,30 |
| 3 | Nấc 1 | 10,43 | 2,78 | 5,03 | 18,75 |
| | Nấc 2 | 9,23 | 2,48 | 4,13 | 15,68 |
| | Nấc 3 | 7,43 | 2,33 | 2,25 | 12,68 |
| 4 | Nấc 1 | 9,75 | 2,78 | 4,35 | 18,00 |
| | Nấc 2 | 8,55 | 2,48 | 3,38 | 14,93 |
| | Nấc 3 | 8,18 | 2,33 | 2,93 | 13,43 |
| 5 | Nấc 1 | 9,30 | 2,78 | 3,90 | 17,55 |
| | Nấc 2 | 8,10 | 2,40 | 3,00 | 14,48 |
| | Nấc 3 | 8,55 | 2,33 | 3,38 | 13,88 |
| 6 | Nấc 1 | 8,63 | 2,78 | 3,23 | 16,65 |
| | Nấc 2 | 7,43 | 2,40 | 2,33 | 13,58 |
| | Nấc 3 | 9,60 | 2,33 | 4,43 | 14,85 |
| Giá trị trung bình | | 10,78 | 3,01 | 4,50 | 18,71 |

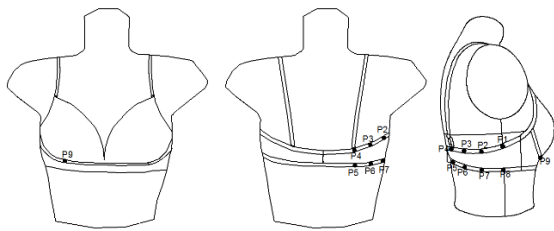


Hình 15. Biểu đồ tần số giá trị áp lực của băng đai lên cơ thể nữ sinh viên

Giá trị trung bình của áp lực ở mức 10.776 mmHg. Giá trị áp lực lớn nhất trung bình là 18.711 mmHg, giá trị áp lực nhỏ nhất trung bình: 4.495 mmHg. Giá trị áp lực lớn nhất là 20.147 mmHg, giá trị áp lực nhỏ nhất là 1.193mmHg. Dựa vào hình dạng của biểu đồ tần số của giá trị áp lực trung bình lên cơ thể người mặc băng đai đo tại 15 điểm đo của 8 tư thế đo chúng ta thấy rằng, áp lực trung bình của các băng đai lên cơ thể người tuân theo quy luật phân bố chuẩn. Đồng thời, giá trị áp lực trung bình của băng đai lên cơ

thể ở Nấc 1 > Nấc 2 > Nấc 3, giá trị áp lực trung bình của băng đai tại Nấc 1 lớn nhất trong 6 đối tượng đo so với hai nấc còn lại. Điều này có thể được lý giải rằng: Nấc 1 là nấc có kích thước băng đai nhỏ nhất do đó khả năng bó sát của băng đai Nấc 1 cao hơn Nấc 2 và Nấc 3.

Trong nghiên cứu [8], nhóm tác giả tiến hành đo áp lực của áo lót ngực lên phần ngực của đối tượng đo. Ba mẫu áo lót ngực được lựa chọn có kiểu dáng và vật liệu giống nhau, có kích thước lần lượt A1: 70A, A2: 75A, A3: 80A của hãng BON BON Pháp sản xuất tại Việt Nam, mỗi áo lót ngực đều có 3 nấc cài để điều chỉnh chiều dài vòng dây lưng của áo. Tiến hành đo áp lực tại 9 điểm đo như trên Hình 16 và ở 5 tư thế vận động như trên Hình 17.



Hình 16. Mô tả sơ đồ vị trí các điểm đo áp lực.



Hình 17. Hình ảnh 5 tư thế vận động cơ bản.

Từ kết xác định áp lực trung bình lớn nhất của 3 áo lót ngực lên 6 đối tượng tại 9 vị trí đo các tác giả thấy rằng, giá trị áp lực trung bình của Nấc 1 < Nấc 2 < Nấc 3, giá trị áp lực trung bình của áo A1 > A2 > A3. Điều này có thể được lý giải rằng: áo A1 có kích thước vòng dây lưng nhỏ nhất, áo A3 có kích thước vòng dây lưng lớn nhất do vậy mức độ bó sát của áo A1 với cơ thể và áp lực của áo lên cơ thể là lớn hơn so với hai áo còn lại. Tương tự, Nấc số 1 có chiều dài vòng dây lưng rộng nhất, Nấc 3 có chiều dài vòng dây lưng nhỏ nhất vậy nên độ bó sát cũng như áp lực của nấc 3 lên cơ thể là lớn nhất. Giá trị áp lực trung bình lớn nhất lên đối tượng đo khi đối tượng có kích thước cơ thể lớn nhất cỡ 164A mặc áo cỡ nhỏ nhất A1:70A cài ở nấc 3. Nhóm tác giả đã sử dụng phương pháp khảo sát đánh giá chủ quan cảm nhận của người mặc và phương pháp đo thực nghiệm để xác định áp lực tiện nghi lên cơ thể khi mặc áo lót ngực. Kết quả đã xác lập được khoảng giá trị áp lực tiện nghi của áo lót ngực lên vòng ngực đối tượng đo là từ 5.370 đến 9.818 mmHg tương đương 0.716 đến 1.309 kPa. Qua so sánh kết quả thực nghiệm đo áp lực tiện nghi trong các nghiên cứu [6-8] cho thấy kết quả này hoàn toàn phù hợp với những công trình

đã công bố trước đây. Các kết quả nghiên cứu [6-8] cho thấy rằng, thiết bị đo áp lực của trang phục lên cơ thể người sử dụng cảm biến áp lực MPX10DP do nhóm nghiên cứu chế tạo có khả năng đo được áp lực tại các vị trí đặc trưng trên cơ thể người như vùng ngực, vùng bụng, vùng mông và phần thân dưới cơ thể, đặc biệt đo được cả các vị trí trên bề mặt cong của các bộ phận cơ thể người với độ tin cậy, độ chính xác cao.

3. Kết luận

Trong nghiên cứu này chúng tôi lựa chọn được cảm biến áp lực MPX10DP của hãng NXP USA Inc - Hoa Kỳ để chế tạo thiết bị đo áp lực của trang phục trực tiếp trên cơ thể người mặc. Mạch xử lý tín hiệu áp lực đã được thiết kế và xây dựng dựa trên 3 khối cơ bản: khối cảm biến, khối điều khiển và khối hiển thị. Do hoạt động của cảm biến áp lực phụ thuộc vào thông số môi trường là nhiệt độ nên mạch xử lý được tích hợp thêm cảm biến nhiệt độ để từ đó xây dựng đường đặc tuyến liên hệ giữa tín hiệu chênh lệch điện áp thu được từ cảm biến áp suất với giá trị áp lực tương ứng. Phần mềm kết nối mạch xử lý tín hiệu đã được thiết kế và xây dựng với giao diện trực quan, đơn giản nhằm hỗ trợ hiển thị và lưu trữ kết quả đo trên máy tính.

Thiết bị thử nghiệm sau khi lắp ráp được kiểm chuẩn bằng đồng hồ đo áp suất ALP K2 với sai số dưới 10% ở mức đo áp suất thấp, dưới 20 mmHg. Giá trị đo được từ thiết bị thử nghiệm có sự phù hợp tốt với giá trị đọc được trên đồng hồ ALP K2 với bình phương hiệu chỉnh $R^2 = 99\%$. Thiết bị cho kết quả đo với độ trôi dữ liệu nhỏ nhất xấp xỉ 0% trong 15 phút đo đầu tiên. Sau thời gian này, giá trị áp lực bị trôi lớn nhất là 2.6% khi đo liên tục tại một điểm áp suất trong 2 giờ. Thiết bị thử nghiệm sau khi hiệu chỉnh được thiết kế lại vỏ hộp với kích thước 142×82×40 mm. Kết quả đo áp lực của thiết bị cho thấy sai số của kết quả đo nằm trong phạm vi cho phép và phù hợp yêu cầu đo áp lực của trang phục lên cơ thể người trong quá trình mặc.

Thiết bị hoạt động ổn định và sử dụng đơn giản, phần mềm có giao diện thân thiện và tiện dụng đối với người dùng cho phép đo áp lực của trang phục lên cơ thể trong quá trình mặc ở trạng thái tĩnh và các trạng thái vận động cơ bản.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được thực hiện trong khuôn khổ đề tài Khoa học và Công nghệ cấp Bộ mã số B2017-BKA-54. Chúng tôi xin trân trọng cảm ơn Bộ Giáo dục và Đào tạo, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội đã hỗ trợ để chúng tôi hoàn thành nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Y.cai, W. Yu and L. Chen, A finite element mechanical contact model of 3D human body and a well-fitting bra, Advances in Applied Digital Human Modeling: Published by AHFE Conference (2014), pp.157-165.

- [2]. K.W. Yeung, Y. Li, and X. Zhang, A 3D Biomechanical Human Model for Numerical Simulation of Garment-Body Dynamic Mechanical Interactions During Wear, *The Journal of The Textile Institute*, January (2004) Vol 95, pp 59-79.
- [3]. Phan Duy Nam, Nguyễn Quốc Toán, Phan Thanh Thảo, The Defining Study of Garment Pressure on the Human Body by Theoretical Method and Experimental Method, *Tạp chí Khoa học & Công nghệ các trường Đại học Kỹ thuật*, số 103 (2014), pp 83-88.
- [4]. Phạm Đức Dương và cộng sự, Nghiên cứu thiết kế và chế tạo quần giảm béo thẩm mỹ sử dụng cơ chế cơ học cho phụ nữ Việt Nam, Đề tài cấp Bộ GD&ĐT mã B2014 – 01 – 67, trường Đại học Bách Khoa Hà Nội (2014).
- [5]. Nguyễn Quốc Toán, Phan Thanh Thảo, Đinh Văn Hải, Thiết kế và chế tạo thiết bị đo áp lực của trang phục lên cơ thể người sử dụng cảm biến lực, *Tạp chí khoa học & Công nghệ các trường ĐH kỹ thuật*, số 110 (2016), pp 132–136.
- [6]. Phan Thanh Thảo, Trần Thị Phương Dung, Nghiên cứu xác định áp lực của quần bó sát lên cơ thể nữ sinh Việt Nam, Hội nghị Khoa học toàn quốc về Dệt May – Da giày lần thứ 1, NXB Học viện Nông nghiệp (2018), pp 241-248.
- [7]. Phan Thanh Thảo, Hoàng Thị Thủy, Nghiên cứu xác định áp lực tiện nghi khi mặc áo bó sát lên cơ thể nữ thanh niên Việt Nam độ tuổi từ 18 đến 25 trong quá trình vận động cơ bản, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội*, Số 47/2017, pp 169-176.
- [8]. Phan Thanh Thảo, Hà Thị Định, Nghiên cứu xác định áp lực tiện nghi của áo lót ngực, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội*, Số 47/2017, pp 164-168.