THIẾT KẾ MÔ PHỎNG MỘT SỐ BÀI TOÁN VẬT LÝ KỸ THUẬT TRÊN MÁY TÍNH PHỤC VỤ GIẢNG DẠY

Lưu Bích Linh, Bùi Thị Toàn Thư

ThS. Trường Đại học Lâm nghiệp

TÓM TẮT

Bài báo này giới thiệu một số bài toán vật lý kỹ thuật được thiết kế và mô phỏng trên máy tính phục vụ giảng dạy cho sinh viên trường Đại học Lâm nghiệp. Ứng dụng bộ công cụ Simulink - Matlab để thiết kế và mô phỏng chuyển động của cánh tay robot với 3 bậc tự do, mạch điện chỉnh lưu bán chu kỳ bằng diode và chuyển động ném lên của chất điểm. Ứng dụng bộ công cụ Gui - Matlab để thiết kế và mô phỏng 3 bài toán chuyển động tịnh tiến của chất điểm; khảo sát 06 mạch điện một pha ở chế độ xác lập và 6 hiện tượng giao thoa, nhiễu xạ trong quang học. Kết quả là đã xây dựng được 02 đồ thị mô phỏng chuyển động của chất điểm và cánh tay robot; 03 đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của vận tốc, gia tốc của chất điểm và cường độ dòng điện theo thời gian; 06 đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc cường độ vân trường gần và trường xa theo thời gian. Xuất kết quả định lượng và biện luận cho từng bài toán.

Từ khóa: ***Gui, kỹ thuật, mô phỏng, simulink, vật lí.***

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay bộ môn Vật lý tham gia đảm nhiệm giảng dạy cho hầu hết sinh viên các ngành học trong toàn trường, tuy vậy số tín chỉ phân phối cho các học phần vật lý lại quá ít, dẫn đến chất lượng giảng dạy và học tập còn hạn chế. Bộ môn đã có nhiều giải pháp cụ thể được đầu tư xây dựng thành những đề tài nghiên cứu khoa học nhằm mục đích nâng cao hơn nữa chất lượng giảng dạy và học tập môn vật lý tại trường Đại học Lâm nghiệp. Trong số những giải pháp được đưa ra có giải pháp ứng dụng các phần mềm tiện ích lập trình các bài toán kỹ thuật và lựa chọn các bộ công cụ của phần mềm để thiết kế và mô phỏng trực quan các bài toán vật lý kỹ thuật phục vụ giảng dạy.

Đề tài*: "Ứng dụng phần mềm MatLab để thiết kế và mô phỏng các bài toán vật lý"* thực hiện năm 2012 đã được hội đồng nghiệm thu đánh giá tốt về tính mới và khả năng áp dụng ngay vào giảng dạy môn học tại trường Đại học Lâm nghiệp. Nhằm tiếp tục góp phần nâng cao hơn nữa chất lượng giảng dạy môn vật lý nói riêng và các môn cơ sở kỹ thuật nói chung tác giả mở rộng hướng nghiên cứu thực hiện*: " Thiết kế mô phỏng một số bài toán vật lý kỹ thuật trên máy tính phục vụ giảng dạy".*

II. NỘI DUNG, PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nội dung nghiên cứu

Ứng dụng bộ công cụ Simulink, Gui trong Matlab để thiết kế và mô phỏng bài toán cơ học kỹ thuật, điện - điện tử kỹ thuật và quang kỹ thuật.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

- Phương pháp thiết kế lựa chọn các bài toán: dựa trên tiêu chí như nội dung chương trình một số môn học cơ bản và cơ sở chuyên ngành đang được giảng dạy tại trường Đại học Lâm nghiệp và chương trình đào tạo các ngành học để phân loại các bài toán nhằm đáp ứng và phù hợp với các đối tượng sinh viên.

- Phương pháp xử lý bài toán bằng lý thuyết

Sử dụng lý thuyết môn vật lý, cơ lý thuyết và kỹ thuật điện điện tử để phân tích và xử lý các dữ kiện của các bài toán mẫu từ đó làm cơ sở để xây dựng thuật toán tính toán lập chương trình chi tiết.

- Phương pháp xử lý bài toán bằng ứng dụng phần mềm

Ứng dụng phần mềm Simulink, Gui trong Matlab xây dựng thuật toán tính toán và lập chương trình để giải quyết các bài toán đã lựa chọn, kết quả mong đợi là sẽ mô phỏng các bài toán một cách nhanh chính xác và trực quan với sự biến động và thay đổi của nhiều tham số đầu vào.

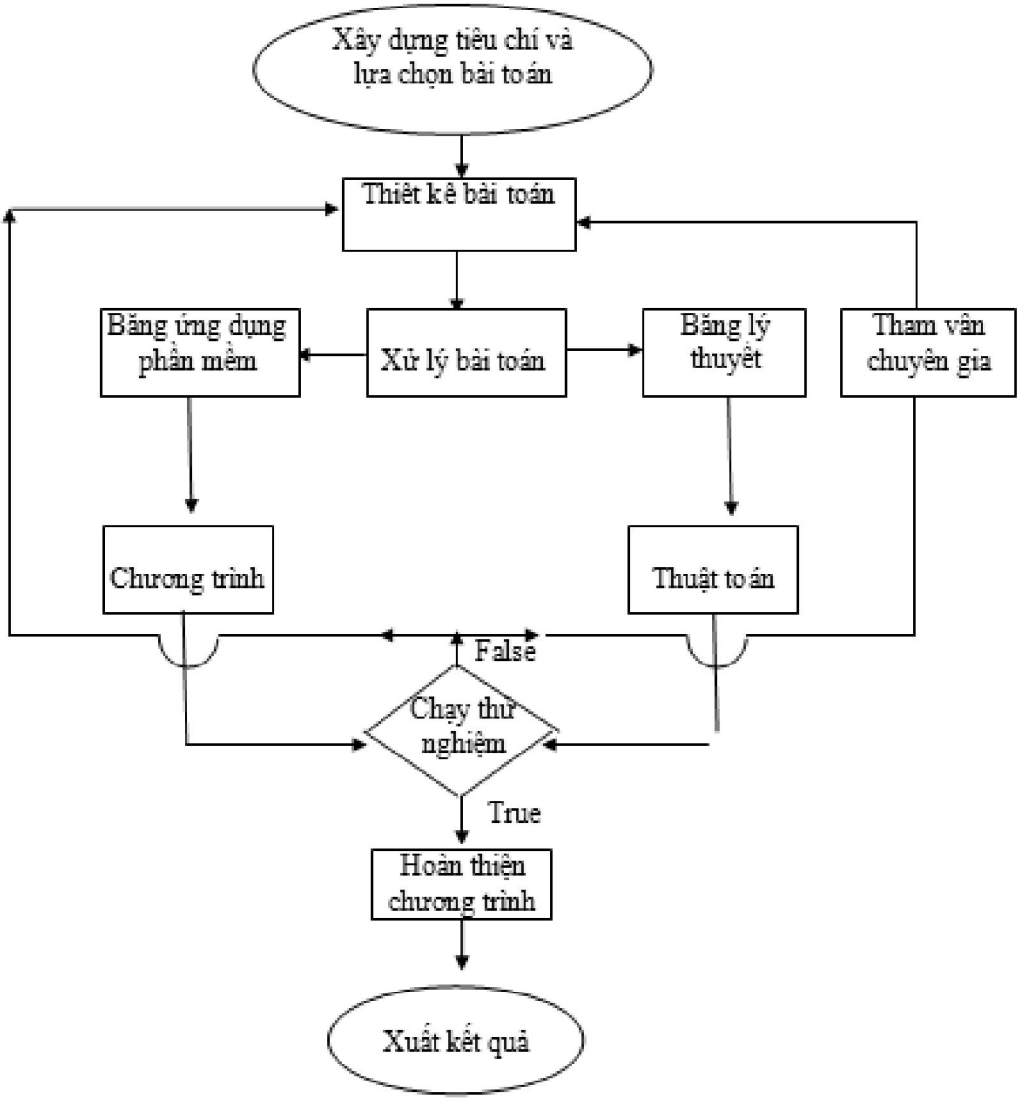
- Phương pháp tham vấn chuyên gia

Tham vấn chuyên gia về Matlab để góp phần xác định và đánh giá các lệnh trình, chương trình đã viết.

- Phương pháp tổ chức hội thảo:

Tổ chức hội thảo cấp bộ môn nhằm đánh giá và góp ý cho các chương trình đã viết.

Phương pháp nghiên cứu của bài báo được tóm tắt theo sơ đồ sau.



Hình 1. ***Sơ đồ phương pháp nghiên cứu.***

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Bài toán chuyển động của vật ném lên mô phỏng bằng Simulink

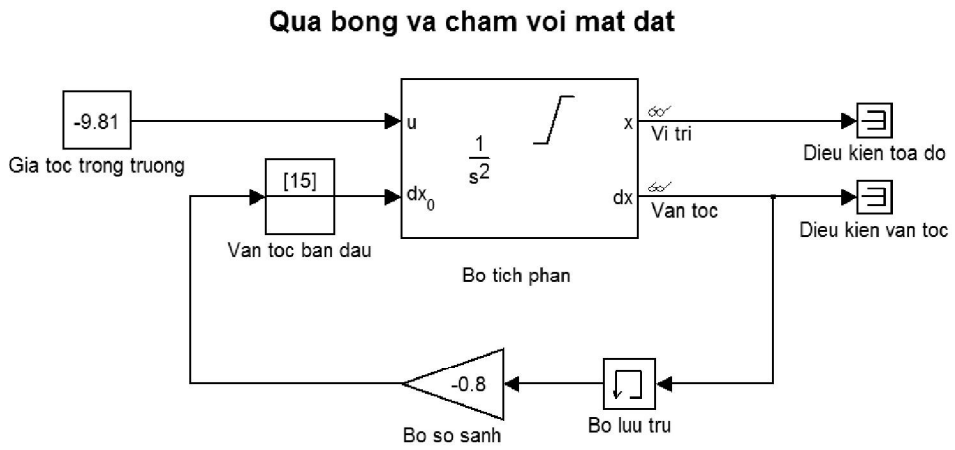
Lập chương trình Simulink/Matlab khảo sát chuyển động của quả bóng cao su được ném thẳng đứng lên từ độ cao $h = 10m$ so với mặt đất với vận tốc ban đầu $v_0 = 15m/s$. Giả thiết va chạm giữa quả bóng và mặt đất là đàn hồi và bỏ qua mọi ma sát trong chuyển động.

- Thuật giải trên Simulink/Matlab

Phương trình động lực học điều khiển quá trình của chuyển động quả bóng là:

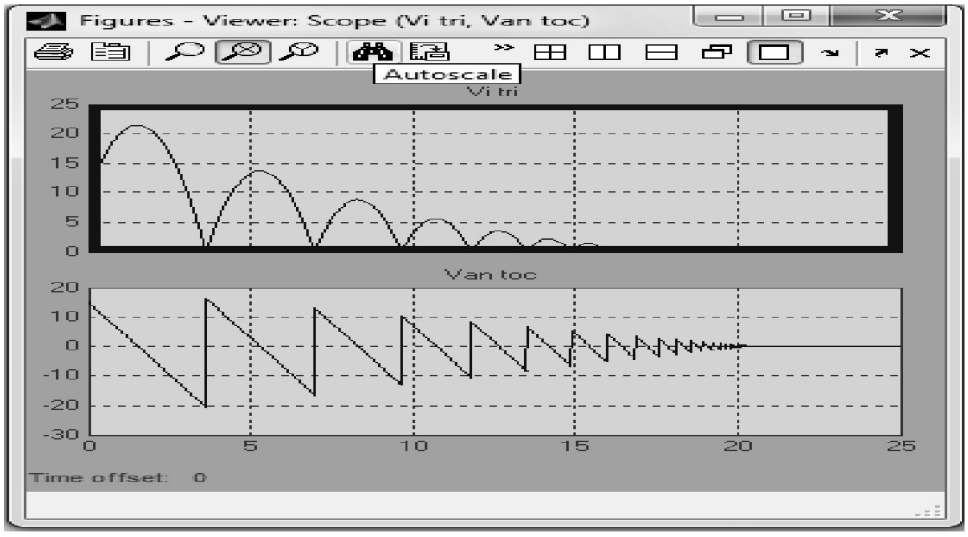
$$\frac{dv}{dt} = -g;\ \frac{dx}{dt} = v \qquad (3.1)$$

Trong đó g là gia tốc trọng trường và v là vận tốc của quả bóng, $x(t)$ là tọa độ quả bóng tại thời điểm t.



Hình 2. ***Sơ đồ khối giải bài toán chuyển động của quả bóng cao su bằng Simulink***

- Xuất kết quả:



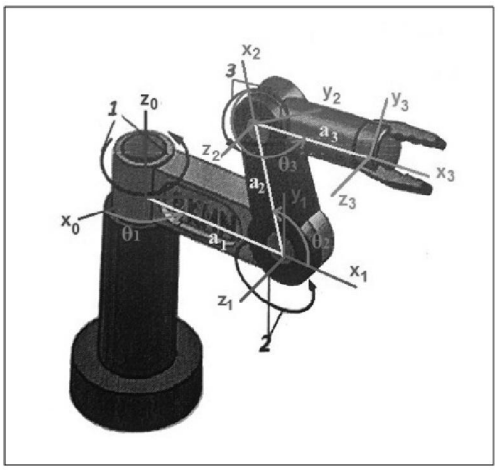
Hình 3. ***Kết quả mô phỏng quả bóng nảy***

Nhận xét: Quan sát hiện tượng trong thực tế ta thấy, quả bóng không nảy lên theo phương thẳng đứng ban đầu nữa mà sau mỗi lần va chạm với mặt đất nó lại nảy lên theo phương hợp với phương của mặt đất một góc nào đó, kết quả là quỹ đạo của quả bóng là những parabol quay bề lõm xuống dưới cho đến khi vận tốc bay lên của quả bóng có phương nằm ngang thì nó sẽ lăn trên mặt đất. Ở đồ thị thứ nhất, mô phỏng dạng quỹ đạo của quả bóng trong hệ tọa độ Đề-các có gốc tại chân độ cao h. Đó chính là quỹ đạo mà ta quan sát thấy trong thực tế. Đồ thị thứ hai mô tả sự phụ thuộc vận tốc của quả bóng theo thời gian. Qua mô phỏng ta thấy hiện tượng mô tả bằng mô hình Simulink/Matlab phù hợp tốt với hiện tượng xảy ra trong thực tế.

3.2. Bài toán chuyển động của cánh tay robot có 3 bậc tự do

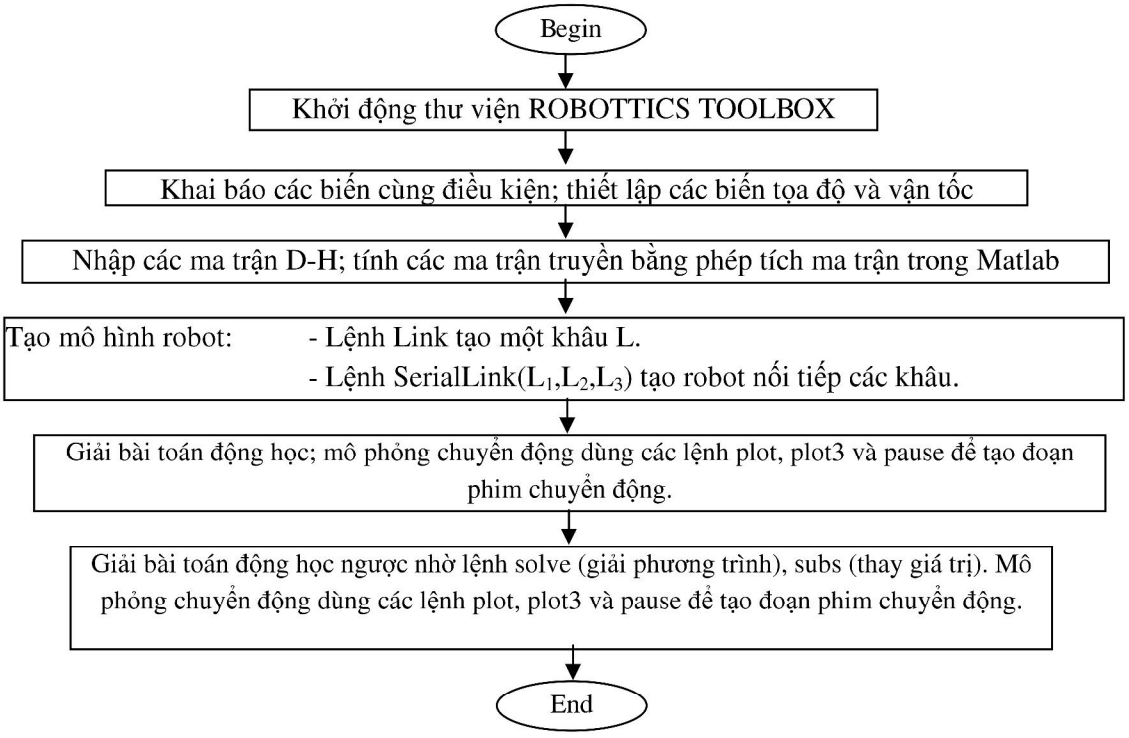
Khảo sát và mô phỏng robot công nghiệp là một bài toán được nhiều trường Đại học ở nước ta nghiên cứu (ĐH Bách khoa Hà Nội, ĐH Công nghiệp Hà Nội …) trước khi chế tạo robot. Mục đích là nhằm quan sát những chuyển động gần giống với chuyển động thực của robot để có phương án hoàn thiện sản phẩm.

Đối tượng mô phỏng: Khảo sát về mặt động học (tính toán tọa độ và vận tốc) của cánh tay robot có 3 bậc tự do như hình 4.



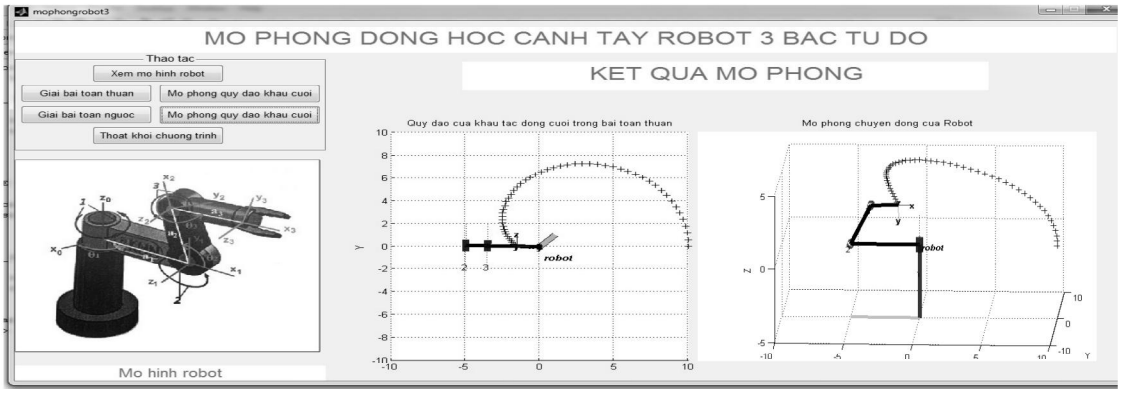
Hình 4. ***Cánh tay robot - Đối tượng mô phỏng của bài toán***

- Thuật giải trên Gui/Matlab



Hình 5. ***Sơ đồ thuật toán khảo sát chuyển động và mô phỏng robot 3 bậc tự do***

- Xuất kết quả:



Hình 6. ***Mô phỏng chuyển động của robot 3 bậc tự do***

3.3. Bài toán mạch điện một pha ở chế độ xác lập

Lập chương trình Gui/Matlab khảo sát các thông số đặc trưng như điện áp, dòng điện, công suất…của các mạch điện khác nhau.

- Thuật giải trên Gui/Matlab.

Xét mạch điện tổng quát gồm m nhánh, n nút. Áp dụng các định luật Kiếc-xốp cho nút điện và mắt điện, ta sẽ lập được hệ gồm m phương trình vi phân như sau:

$$\begin{cases} \sum\limits_{\text{Nút}} i_k(t) = 0 \\ \sum\limits_{\text{Vòng}} \left(R_k.i_k + L_k \dfrac{di_k}{dt} + \dfrac{1}{C_k}\int i_k dt \right) = \sum\limits_{\text{Vòng}} e_k \end{cases} \quad (3.2)$$

Chuyển hệ phương trình (3.2.) sang số phức ta có:

$$\begin{cases} \sum\limits_{\text{nút}} \dot{I}_k = 0 \\ \sum\limits_{\text{vòng}} \left(R_k \dot{I}_k + j\omega L_k \dot{I}_k + \dfrac{1}{j\omega C_k} \dot{I}_k \right) = \sum\limits_{\text{vòng}} \dot{E}_k \end{cases} \quad (3.3)$$

Hay:

$$\begin{cases} \sum\limits_{\text{nút}} \dot{I}_k = 0 \\ \sum\limits_{\text{vòng}} \left[R_k + j\left(\omega L_k - \dfrac{1}{\omega C_k} \right) \right] \dot{I}_k = \sum\limits_{\text{vòng}} \dot{E}_k \end{cases} \quad (3.4)$$

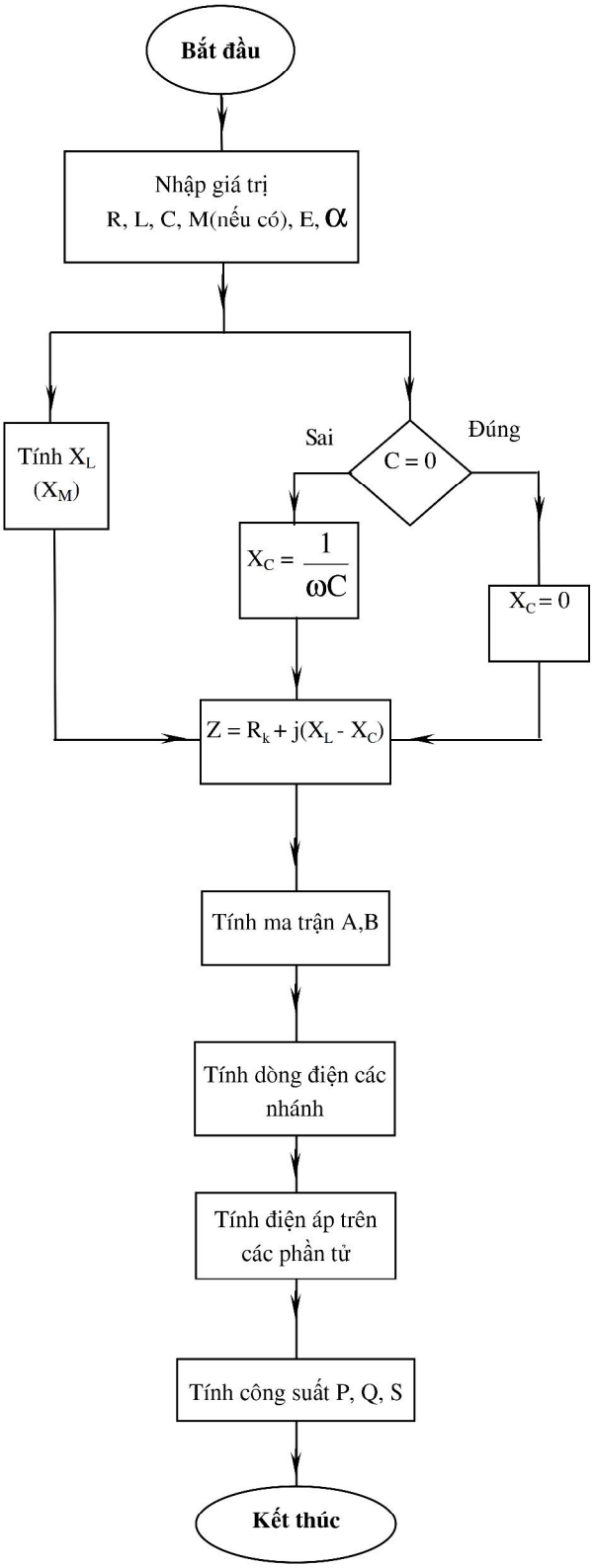
Đặt:

$$Z_k = R_k + j\left(\omega L_k - \frac{1}{\omega C_k} \right)$$

là tổng trở phức của nhánh k. Ta có hệ phương trình tổng quát của mạch:

$$\begin{cases} \sum\limits_{\text{nút}} \dot{I}_k = 0 \\ \sum\limits_{\text{vòng}} Z_k \dot{I}_k = \sum\limits_{\text{vòng}} \dot{E}_k \end{cases} \quad (3.5)$$

Hệ phương trình (3.5) là hệ phương trình đại số tuyến tính, ta dễ dàng giải được bằng cách lập trình trên Matlab. Lưu đồ thuật toán tổng quát để giải bài toán lý thuyết mạch ở chế độ xác lập được chỉ ra trên hình 7.



Hình 7. ***Sơ đồ thuật toán phân tích mạch điện tuyến tính***

Trong trường hợp mạch có hỗ cảm, ta cần nhập thêm các hệ số hỗ cảm M, đồng thời trong phần tính toán cần tính thêm các tổng trở hỗ cảm Z_M.

- Kết quả mô phỏng mạch điện một pha ở chế độ xác lập

Với các thông số:

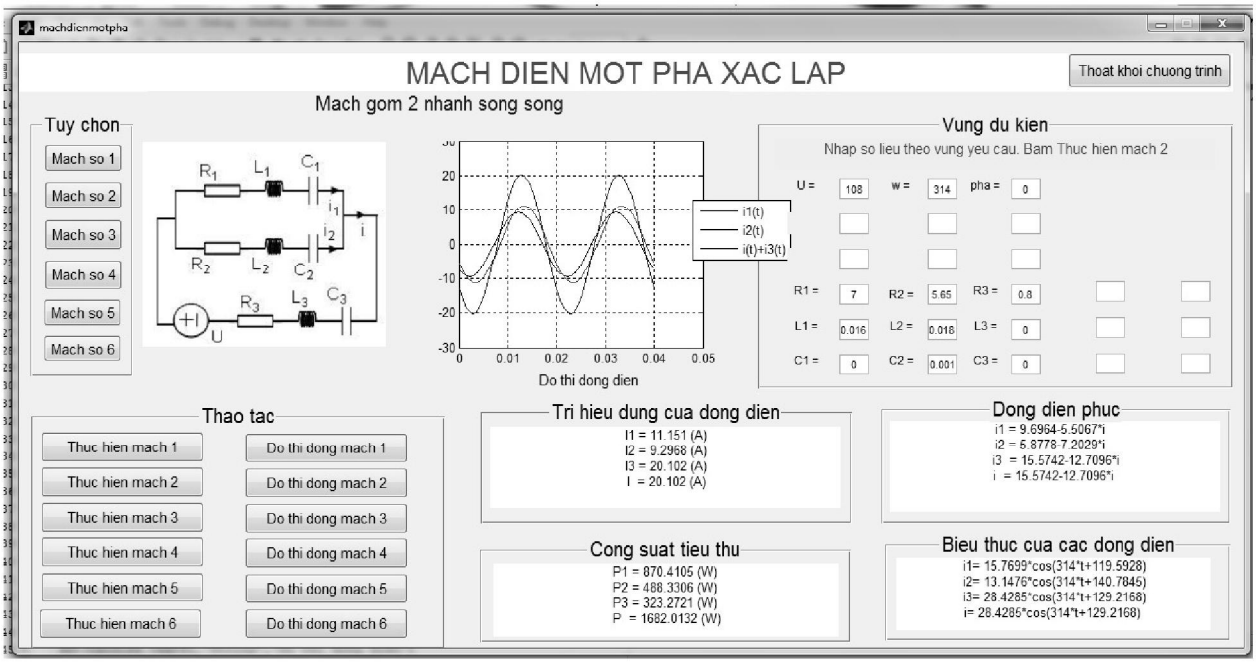
- Điện áp hiệu dụng U = 220 V. Tần số góc ω = 314 rad/s. Pha ban đầu φ=0.

- Nhánh 1: R_1 = 7 Ω; L_1 = 0,016 H; C_1 = 0 F.

- Nhánh 2: R_2 = 5.65 Ω; L_2 = 0.018 H; C_2 = 0,001061 F.

- Nhánh 3: R_3 = 0.8 Ω; L_3 = 0 H; C_3 = 0 F.

Ta thu được kết quả hiển thị như trên hình 8.



Hình 8. ***Kết quả bài toán mạch điện một pha ở chế độ xác lập***

3.4. Bài toán mô phỏng các hiện tượng quang

Để mô phỏng được các hiện tượng giao thoa và nhiễu xạ ta sử dụng phương pháp khai triển chuỗi furie tuân theo nguyên tắc một hàm tuần hoàn tùy ý chu kỳ T có thể biểu diễn dưới dạng chuỗi:

$$f(t) = \frac{1}{2}a_0 + \sum_{k=1}^{\infty}\left[a_k \cos \omega_k t + b_k \sin \omega_k t\right] \quad (3.6)$$

Trong đó: $\omega_k = k\omega_0; \omega_0 = \frac{2\pi}{T}$ là tần số cơ bản. Các số hạng dạng sin, cos là các hài bậc 1, 2 đến bậc cao của chuỗi. Hệ số của chuỗi được xác định:

$$a_k = \frac{2}{T}\int_0^T f(t)\cos \omega_k dt$$
$$b_k = \frac{2}{T}\int_0^T f(t)\sin \omega_k dt \quad (3.7)$$

Khai triển một hàm tuần hoàn có số hạng càng nhiều càng chính xác, khác với chuỗi lũy thừa chuỗi furiê có thể xấp xỉ hàm ở bất kỳ điểm nào. Vì vậy tổng hữu hạn trong chuỗi furiê có thể biểu diễn khá tốt một hàm tuần hoàn.

Xét véc tơ sóng sáng tại M có véc tơ tọa độ r: $E(r,t) = \frac{A}{rr_1}\cos(\omega t - qrr_1)$

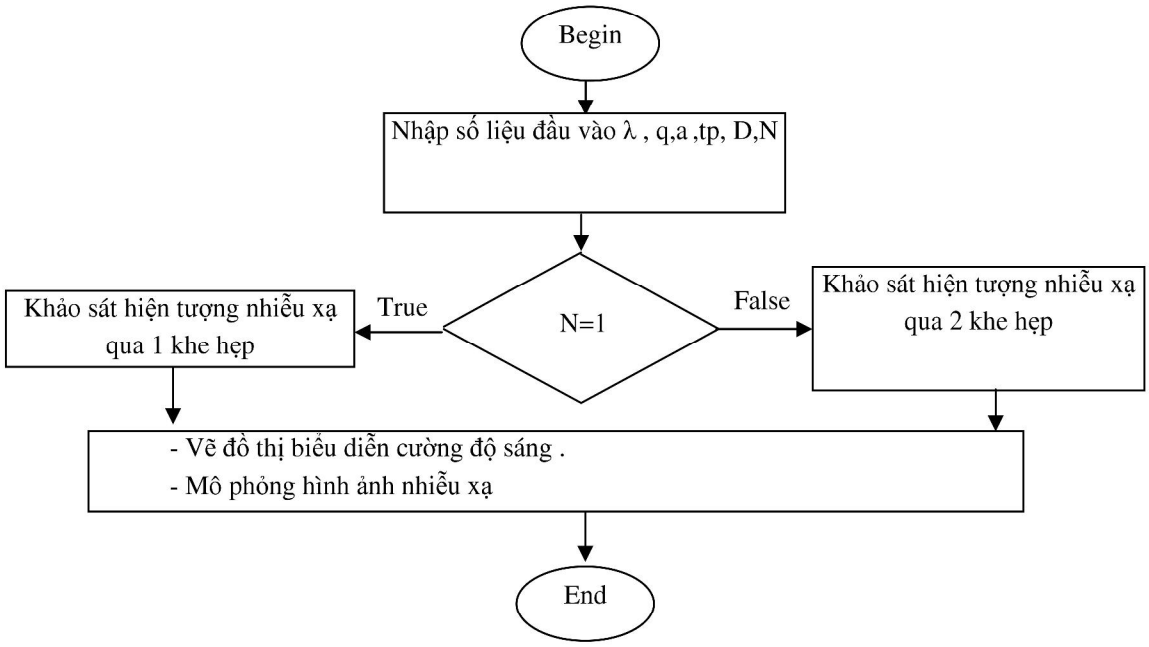
q là điện tích tại điểm có tọa độ r_1;

$r\vec{r}_1 = |\vec{r} - \vec{r}_1|$; Khai triển Furiê dưới dạng:

$$E(r,t) = \sum_{k=1}^{N}\frac{A_k}{rr_k}\cos(\omega t - qrr_k) \quad (3.8)$$

- Xây dựng thuật toán.

Việc mô phỏng được các hiện tượng nhiễu xạ cũng được sử dụng phương pháp khai triển chuỗi furie tuân theo nguyên tắc một hàm tuần hoàn tùy ý chu kỳ T như đã trình bày ở phần giao thoa. Sơ đồ khối cho thuật toán giải như sau:



Hình 9. ***Thuật toán giải bài toán hiện tượng nhiễu xạ***

Kết quả chạy chương trình cho trường hợp ánh sáng đơn sắc màu xanh:

Bước sóng : $\lambda = 0{,}5.10^{-6}\,m$

Khoảng cách khe: a = $10\,\lambda = 0{,}5.10^{-5}\,m$

Số khe : N = 1; N = 1

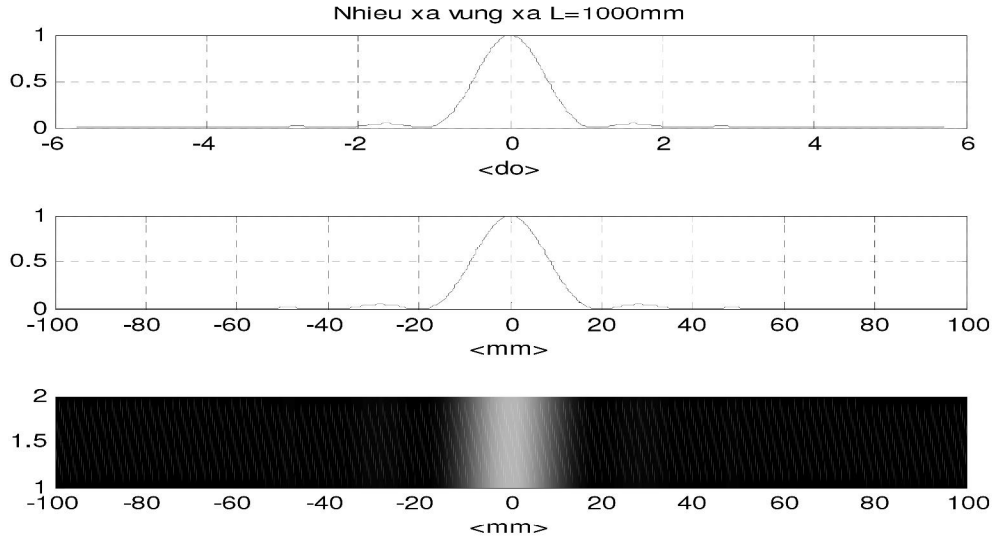
Kích thước vùng giao thoa:

L = 0,5 mm; L = 1000 mm

Độ rộng khe : D = 50. λ

Số nguồn : n = 100; n = 50

Xuất kết quả: Ta được đồ thị mô tả sự phân bố cường độ sáng được trình bày như các hình dưới đây:



Hình 10. ***Đồ thị phân bố cường độ vân nhiễu xạ ánh sáng qua một hẹp***

IV. KẾT LUẬN

Ứng dụng công cụ GUI/Matlab và SIMULINK/Matlab trong lập trình mô phỏng các bài toán vật lý kỹ thuật phục vụ giảng dạy, kết quả đạt được như sau:

Trong các bài toán cơ học kỹ thuật

- Xây dựng sơ đồ thuật giải và chương trình tự động tính toán cho bài toán động học về chuyển động của chất điểm trong không gian 2 chiều xOy khi biết phương trình chuyển động và mô phỏng được chuyển động của chất điểm.

- Xây dựng thuật giải và chương trình Simulink mô phỏng quá trình chuyển động của quả bóng nảy khi được ném lên theo phương thẳng đứng từ độ cao h so với mặt đất.

- Xây dựng thuật giải và chương trình tự động tính toán mô phỏng chuyển động của cánh tay robot có 3 bậc tự do.

Trong phần các bài toán kỹ thuật điện - điện tử

- Xây dựng sơ đồ thuật giải và chương trình tự động tính toán mô phỏng được 6 loại mạch điện xoay chiều một pha ở chế độ xác lập.

- Xây dựng thuật giải và chương trình Simulink mô phỏng mạch điện tử chỉnh lưu bán chu kỳ bằng diode

Trong phần các bài toán quang học kỹ thuật bài báo đã xây dựng sơ đồ thuật giải chung cùng chương trình tự động tính toán và mô phỏng hiện tượng giao thoa ánh sáng qua hai khe và nhiều khe hẹp, mô phỏng hiện tượng nhiễu xạ qua một, hai khe hẹp, qua lỗ tròn, lỗ chữ nhật, lỗ elip.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Việt Anh, Nguyễn Hoàng Hải (2004). *Lập trình Matlab và ứng dụng*. NXB Khoa học và Kỹ thuật.

2. Lương Duyên Bình (1998).*Vật lý đại cương (Tập 1,2,3)*. NXB Khoa học và Kỹ thuật.

3. Lương Duyên Bình (1998). *Bài tập vật lý đại cương (Tập 1,2,3)*. NXB Khoa học và Kỹ thuật.

4. Đặng Văn Đào, Lê Văn Doanh (2005). *Kỹ thuật điện*. NXB Khoa học và kỹ thuật.

5. Lê Viết Dư Khương (2004). *Bài giảng Tin học cho Vật lý I, Vật lý II*. Trường Đại học Khoa học Tự nhiên Hà Nội.

6. Lê Thị Kiểm (2011). *Cơ học lý thuyết 1*. Đại học Lâm nghiệp Việt Nam.

7. Nguyễn Phùng Quang (2005). *Matlab & Simulink dành cho kỹ sư điều khiển tự động*. NXB Khoa học và Kỹ thuật.

8. *Bài giảng Mô phỏng và mô hình hoá* (2011). Khoa Công nghệ điện tử và truyền thông, ĐH Thái Nguyên.

9. Lưu Bích Linh, Bùi Thị Toàn Thư (2012).*"Ứng dụng phần mềm MatLab để thiết kế và mô phỏng các bài toán vật lý"*. Đề tài cấp cơ sở, Trường Đại học Lâm nghiệp.

DESIGN AND SIMULATION OF PHYSICAL TECHNICAL PROBLEMS FOR TEACHING PURPOSE

Luu Bich Linh, Bui Thi Toan Thu

SUMMARY

This paper introduces the simulating some physic problems on computer for university course of physics at Vietnam Forestry University. Tool Simulik-Matlab is applied to design and simulate the physic problems of movements of robot hand in 3 Ds (3 degrees of freedom), semi-rotated electronic circuit certificated with diode, and pressing movement of point. Tool Gui-Matlab is used to design and simulate 3 problems of translational oscillation of point, 06 mono-phase electronic circuits in different setting conditions, and 06 types of interfering and diffraction in optics. The designed simulations produce 03 graphs modeling the movements of point and robot hand; 03 graphs presenting the dependences of velocity, acceleration of points and intensity of electronic circuit by time; 06 graphs presenting the change of velocity in short time and long time period by time. The text outputs and the interpretation of every simulation are produced for each problem.

Keywords: ***Gui, modeling, physics, simulink, technical.***

Người phản biện: PGS.TS. Dương Văn Tài

Ngày nhận bài : 11/02/2014
Ngày nhận phản biện : 07/05/2014
Ngày quyết định đăng : 10/06/2014