



**TUYỂN TẬP BÁO CÁO HỘI NGHỊ TOÀN QUỐC**

# **KHOA HỌC TRÁI ĐẤT VÀ TÀI NGUYÊN VỚI PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG**

**Hà Nội, 11 - 11 - 2022**

**ERSD 2022**



**NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI**

Toàn bộ thông tin khoa học về hội nghị được tích hợp vào Website chính thức của Hội nghị tại địa chỉ: <http://ersd.humg.edu.vn/>.

Ban tổ chức xin trân trọng cảm ơn Trường Đại học Mở - Địa chất, với tư cách là đơn vị đăng cai tổ chức Hội nghị, cùng các đơn vị đồng tổ chức đã hợp tác chặt chẽ và góp phần quan trọng vào việc tổ chức Hội nghị này. Cảm ơn các nhà khoa học và nhà chuyên môn đã đóng góp các công bố khoa học có giá trị cho Hội nghị. Ban tổ chức cũng đánh giá cao sự nỗ lực của các chuyên gia đọc bài đã có nhiều nỗ lực và đóng góp để nâng cao chất lượng khoa học của các báo cáo, góp phần quan trọng vào thành công của hội nghị này.

Ban tổ chức mong muốn tiếp tục nhận được sự hợp tác chặt chẽ và góp ý chân thành của các đơn vị và cá nhân đối với việc chuẩn bị và tổ chức hội nghị, chất lượng báo cáo, biên tập, và xuất bản kỷ yếu hội nghị nhằm nâng cao chất lượng của các hội nghị tiếp theo, góp phần thúc đẩy sự phát triển bền vững của hoạt động nghiên cứu khoa học và trao đổi học thuật thuộc các lĩnh vực Khoa học Trái đất và Tài nguyên và các lĩnh vực khoa học khác có liên quan.

*Hà Nội, tháng 11 năm 2022*  
**THAY MẶT BAN TỔ CHỨC**

**GS.TS Trần Thanh Hải**

Thống kê R trong bài toán kiểm định tham số <i>Phạm Ngọc Anh</i> .....	1106
The experience of organizing EFL online teaching <i>Nguyen Thi Nguyet Anh</i> .....	1111
Đặc trưng dao động cưỡng bức của hệ lò xo - khối lượng trong mặt phẳng có tính đến ma sát với hiệu ứng Stribeck <i>Phạm Ngọc Chung, Nguyễn Như Hiếu</i> .....	1117
Tổng quan về một số phương pháp chế tạo vật liệu bán dẫn hệ thấp chiều <i>Nguyễn Xuân Chung</i> .....	1123
Nghiên cứu tổng hợp và đặc trưng tính chất vật liệu hydroxit lớp kép Zn-Al <i>Công Tiến Dũng, Phương Thảo, Lê Thị Phương Thảo</i> .....	1128
Tổng hợp và nghiên cứu khả năng bảo vệ chống ăn mòn thép CT3 của màng phủ polypyrrole trong môi trường axit sulfuric <i>Phạm Tiến Dũng, Nguyễn Thị Kim Thoa, Hà Mạnh Hùng</i> .....	1134
Nghiên cứu khả năng hấp phụ $Ni^{2+}$ bằng hydroxyapatit tổng hợp <i>Lê Thị Duyên, Hoàng Thanh Bình, Trần Thị Thu Hương, Nguyễn Việt Hùng, Lê Thị Phương Thảo, Võ Thị Hạnh, Đỗ Thị Hải, Nguyễn Thị Thu Hiền, Phạm Tiến Dũng, Công Tiến Dũng, Đinh Thị Mai Thanh</i> .....	1141
Mô hình hóa và thiết lập hệ phương trình chuyển động cho robot song song 3RRR có khâu đàn hồi <i>Đinh Công Đạt</i> .....	1147
Nghiên cứu quy trình chiết xuất L-tetrahydropalmatine trong cây Bình Vôi chữa bệnh mất ngủ <i>Nguyễn Thu Hà, Vũ Duy Thịnh</i> .....	1153
Common errors in using English collocations by students at Hanoi University of Mining and Geology <i>Le Thi Thuy Ha, Dang Thanh Mai</i> .....	1157
Tính chất quang học của hệ exciton trong trạng thái ngưng tụ <i>Đỗ Thị Hồng Hải, Nguyễn Xuân Chung, Hồ Quỳnh Anh</i> .....	1161
Nghiên cứu khả năng xử lý ion $Ni^{2+}$ trong nước bằng vật liệu tự nhiên sericit ở mỏ Sơn Bình, Hà Tĩnh <i>Võ Thị Hạnh, Lê Thị Duyên, Nguyễn Mạnh Hà, Đỗ Thị Hải, Nguyễn Thị Thanh Thảo, Bùi Hoàng Bắc</i> .....	1167
Ước lượng xác suất đuôi của nghiệm mô hình CIR với nhiễu là chuyển động Brown phân thứ <i>Nguyễn Thu Hằng</i> .....	1173
Xây dựng thuật toán tiến cho bài toán quan sát đa mục tiêu MTT sử dụng HMM không tuần nhất <i>Nguyễn Thị Hằng</i> .....	1178
Ảnh hưởng của áp suất ngoài lên sự hình thành trạng thái điện môi exciton trong các hợp chất đất hiếm chalcogenide <i>Nguyễn Thị Hậu, Đỗ Thị Hồng Hải</i> .....	1184
Mối quan hệ giữa Glucocorticoid và tế bào tự diệt NK <i>Vũ Thị Minh Hồng, Phạm Tiến Dũng</i> .....	1190

Glucocorticoid và các tác động khi sử dụng <i>Vũ Thị Minh Hồng, Đỗ Thị Hải</i> .....	1196
Existence and asymptotic behavior of solutions to a class of semilinear degenerate parabolic equations with exponential nonlinearities <i>Nguyen Thi Hong, Dao Xuan Hung</i> .....	1202
Khả năng quang xúc tác và thu hồi của vật liệu tổ hợp $\text{Ag}_3\text{PO}_4/\text{CoFe}_2\text{O}_4$ <i>Nguyễn Mạnh Hùng, Đào Việt Thắng, Nguyễn Thị Diệu Thu, Hồ Quỳnh Anh</i> .....	1208
Tái sử dụng nước thải làng nghề tái chế nhôm bằng công nghệ màng <i>Nguyễn Việt Hùng, Nguyễn Hoàng Nam, Lê Thị Phương Thảo, Vũ Thị Minh Hồng Nguyễn Mạnh Hà</i> .....	1213
Dạng điệu biên của hàm Squeezing gần điểm biên lồi tuyến tính <i>Nguyễn Thị Lan Hương</i> .....	1219
ESP teachers' roles at a technical university from teachers' perspectives <i>Duong Thuy Huong</i> .....	1224
Độ đo xác suất trên $C[0,1]$ <i>Nguyễn Thế Lâm</i> .....	1230
Điều kiện tối ưu cho bài toán cực tiểu <i>Nguyễn Thùy Linh</i> .....	1234
Cấu trúc lõi/vỏ và tính chất vật lý của vật liệu composite $(1-x)\text{PbTiO}_3/x\text{CoFe}_2\text{O}_4$ <i>Ngô Thị Cẩm Linh, Đào Việt Thắng</i> .....	1238
The application of teaching English as an international language for HUMG students <i>Dang Thanh Mai, Lê Thị Thuy Hà, Vu Thanh Tam</i> .....	1243
Nghiên cứu nâng cao hiệu suất truyền năng lượng không dây sử dụng tấm vật liệu biến hóa có cấu trúc lục giác ở vùng MHz <i>Bùi Hữu Nguyên, Vũ Đình Lâm, Đào Việt Thắng, Lê Đức Tuyên, Nguyễn Mạnh Hùng, Tống Bá Tuấn, Nguyễn Đức Khoát</i> .....	1247
Improving HUMG students' speaking skills through the English prosodic features <i>Nguyen Dao Ly Nhan Phuc</i> .....	1253
Why do we only need to one of the accuracy measures? <i>Le Bích Phương, Hà Hữu Cao Trình, Nguyen Thi Mai Hoa</i> .....	1258
Convexity of ROC curves <i>Le Bích Phương, Hà Hữu Cao Trình, Nguyen Thi Mai Hoa</i> .....	1262
Finite time stability of fractional-order neural networks with time-varying delay <i>Nguyen Truong Thanh</i> .....	1266
Techniques for teaching culture for non-English major college students <i>Nguyen Thi Thao</i> .....	1271
Đánh giá khả năng chống ăn mòn của lớp mạ tổ hợp $\text{Ni-TiO}_2$ bằng phương pháp đo phổ tổng trở	

<b>Lê Thị Phương Thảo, Nguyễn Thị Kim Thoa</b> .....	1275
Ảnh hưởng của ion đất hiếm ( $Y^{3+}$ , $Nd^{3+}$ , $Sm^{3+}$ ) lên cấu trúc tinh thể, tính chất quang học và tính chất từ của vật liệu $BiFeO_3$	
<b>Đào Việt Thắng, Nguyễn Mạnh Hùng, Hồ Quỳnh Anh, Nguyễn Thị Diệu Thu</b> .....	1280
Nghiên cứu cấu trúc tinh thể, tính chất sắt điện và sắt từ của vật liệu $Bi_{0,95}RE_{0,05}Fe_{0,975}Ni_{0,025}O_3$ (RE = La, Ho)	
<b>Đào Việt Thắng, Nguyễn Mạnh Hùng, Hồ Quỳnh Anh, Nguyễn Thị Diệu Thu</b> .....	1285
Nghiên cứu vai trò của cation kim loại chuyển tiếp và nhiệt động học của quá trình tạo phức	
<b>Vũ Duy Thịnh, Nguyễn Thu Hà</b> .....	1291
Nghiên cứu ảnh hưởng của lovastatin đến khả năng giải phóng lovastatin từ vật liệu tổ hợp chitosan/carrageenan	
<b>Nguyễn Thị Kim Thoa, Vũ Quốc Mạnh, Hà Mạnh Hùng, Võ Thị Hạnh, Vũ Quốc Trung</b> .....	1296
Kết quả nghiên cứu thành phần hóa học và đánh giá hoạt tính hạ đường huyết của loài Địa hoàng <i>Rehmannia glutinosa</i>	
<b>Vũ Kim Thư, Công Tiến Dũng, Nguyễn Thị Thu Hiền, Nguyễn Thị Kim Thoa, Đỗ Thị Hải, Trương Thị Thanh Thủy</b> .....	1303
Các hợp chất phenolic phân lập từ loài Sóc xéo <i>Glochidion obliquum</i> Decne	
<b>Vũ Kim Thư, Nguyễn Thị Thu Hiền, Nguyễn Thị Kim Thoa</b> .....	1309
Trải nghiệm ứng dụng Classkick trong dạy và học tiếng Anh trực tuyến tại trường Đại học Mở - Địa chất	
<b>Trương Thị Thanh Thủy</b> .....	1313
Tính tự chủ của sinh viên trong học tiếng Anh trực tuyến tại trường Đại học Mở - Địa chất	
<b>Trương Thị Thanh Thủy</b> .....	1318
Dao động tham số của hệ phi tuyến cấp ba có chứa ma sát Coulomb, ma sát động và cản nhớt cấp phân số	
<b>Bùi Thị Thúy</b> .....	1323
Bài toán dòng chảy một chiều đối xứng trục tới giếng khai thác	
<b>Trần Thị Trâm</b> .....	1329
Classifying the idioms concerning money according to their meanings	
<b>Nguyen Hong Van</b> .....	1334
Introducing new social media terminologies	
<b>Nguyen Hong Van</b> .....	1338
Tăng cường khả năng phát quang của vật liệu $YVO_4:Eu^{3+}$ ứng dụng trong y sinh	
<b>Lê Thị Vinh, Hà Thị Phương, Hoàng Thị Khuyên, Nguyễn Thanh Hương, Phạm Thị Liên, Trần Thu Hương</b> .....	1342
Kỹ thuật cộng gộp sóng mang trong truyền dẫn dữ liệu qua mạng di động 4G-LTE	
<b>Tổng Ngọc Anh, Hà Thị Chúc</b> .....	1346
Thuật toán lọc sai số thô trong hệ thống đo ứng dụng công nghệ IOT Gateway	
<b>Đặng Văn Chí, Nguyễn Thế Lực</b> .....	1353

## Nghiên cứu nâng cao hiệu suất truyền năng lượng không dây sử dụng tấm vật liệu biến hóa có cấu trúc lục giác ở vùng MHz

Bùi Hữu Nguyên<sup>1,\*</sup>, Vũ Đình Lâm<sup>2</sup>, Đào Việt Thắng<sup>1</sup>, Lê Đắc Tuyên<sup>1</sup>, Nguyễn Mạnh Hùng<sup>1</sup>,  
Tống Bá Tuấn<sup>1</sup>, Nguyễn Đức Khoát<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Mỏ - Địa chất

<sup>2</sup>Học viện Khoa học và Công nghệ – Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

### TÓM TẮT

Trong nghiên cứu này, chúng tôi nghiên cứu mô phỏng tấm vật liệu biến hóa có cấu trúc ô cơ sở hình lục giác cho độ từ thẩm âm để ứng dụng nâng cao hiệu suất và khoảng cách truyền năng lượng không dây ở tần số 14 MHz. Tấm vật liệu biến hóa ghép từ 37 ô cơ sở được sử dụng trong hệ thống truyền năng lượng không dây. Kết quả thu được hiệu suất truyền năng lượng không dây của hệ thống sử dụng tấm vật liệu biến hóa đạt 45% tăng lên 14,75% so với hệ thống ban đầu không sử dụng tấm vật liệu ở khoảng cách truyền 30 cm, gấp 1.5 lần đường kính của cuộn cộng hưởng Tx và Rx.

*Từ khóa:* Truyền năng lượng không dây, vật liệu biến hóa, cộng hưởng từ.

### 1. Vấn đề và giải pháp

Gần đây, các ngành khoa học công nghệ phát triển vượt bậc, nhất là các ngành thuộc lĩnh vực công nghệ điện tử và bán dẫn đã thúc đẩy mạnh mẽ sự xuất hiện các thiết bị điện tử cầm tay nhỏ gọn, các rô-bốt hỗ trợ các hoạt động sinh hoạt trong gia đình (Amjad et al., 2022; Musavi and Eberle, 2014; Thein and Kaewpradap, 2022; Bui et al., 2020). Do đó, nhu cầu sạc điện cho các thiết bị cũng tăng lên cùng với nhiều loại chuẩn điện áp và cáp sạc, dẫn tới sự bất tiện và mất an toàn khi sử dụng. Hơn nữa, đến khi hết hạn sử dụng sẽ tạo ra một lượng lớn rác thải khó xử lý và tiêu hủy làm ảnh hưởng lớn tới môi trường và sức khỏe của con người.

Công nghệ truyền năng lượng không dây ra đời đã giải quyết vấn đề nêu trên do loại bỏ được các kết nối bằng dây dẫn điện. Trong những năm gần đây, công nghệ truyền năng lượng không dây thu hút nhiều nhà nghiên cứu do sự tiện dụng và tính ứng dụng cao của chúng trong thực tiễn như bộ sạc không dây cho các thiết bị dân dụng (Musavi and Eberle, 2014), và ứng dụng trong y sinh (Kuang et al., 2020). Dựa trên phạm vi hoạt động của hệ thống so với bước sóng sử dụng, công nghệ truyền năng lượng không dây chia ra làm hai loại: truyền dẫn trường gần và truyền dẫn trường xa (Mahmood et al., 2022). Khi khoảng cách truyền dẫn lớn hơn so với bước sóng hoạt động gọi là truyền dẫn trường xa, ngược lại, truyền dẫn trường gần khi khoảng cách truyền nhỏ hơn so với bước sóng hoạt động. Do liên kết điện từ ở trường xa yếu hơn so với trường gần nên hiệu suất truyền năng lượng của trường xa nhỏ hơn so với truyền năng lượng ở trường gần (Musavi and Eberle, 2014). Tuy nhiên hiệu suất truyền dẫn trong các hệ thống cộng hưởng trường gần cũng sẽ suy giảm nhanh chóng khi khoảng cách truyền dẫn tăng lên (Lee and Chae, 2021), dẫn tới những giới hạn ứng dụng của hệ thống truyền năng lượng không dây.

Để giải quyết vấn đề này chúng tôi đề xuất một giải pháp sử dụng tấm vật liệu biến hóa có cấu trúc lục giác hoạt động trong dải cao tần (HF) hỗ trợ cho truyền dẫn dựa trên nguyên lý cộng hưởng từ (Jawad, 2017) với tần số hoạt động 14 MHz trong hệ thống truyền năng lượng không dây (WPT) nhằm nâng cao hiệu suất truyền năng lượng và ứng dụng kết quả nghiên cứu để xây dựng bộ sạc không dây cho các thiết bị.

### 2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp mô phỏng

#### 2.1. Mô hình lý thuyết mạch điện tương

##### 2.1.1. Mô hình ô cơ sở vật liệu biến hóa

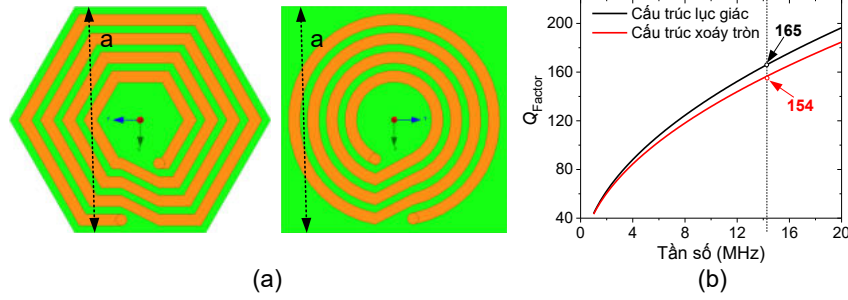
Hình 1(a) mô tả ô cơ sở đề xuất có cấu trúc hình lục giác và ô cơ sở có cấu trúc xoáy ốc hình tròn đã được nghiên cứu trước đây (Ranaweera et al., 2019). Cả hai cấu trúc đều có cùng kích thước ô cơ sở và số vòng cuộn dây đồng. Hình 2(b) cho thấy kết quả so sánh hệ số phẩm chất của hai ô cơ sở dựa trên công thức  $Q_{\text{Factor}} = \omega L/R$ . Kết quả cho thấy với cùng thông số kỹ thuật, cấu trúc ô cơ sở hình lục giác cho hệ số

\* Tác giả liên hệ

Email: buihuunguyen@humg.edu.vn

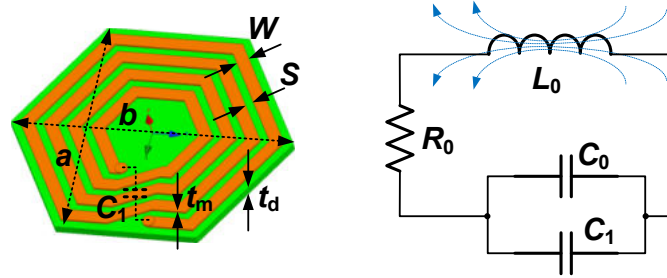


phẩm chất  $Q_{\text{Factor}}$  cao hơn so với cấu trúc còn lại. Do vậy cấu trúc lục giác được lựa chọn và ứng dụng trong nghiên cứu này.



Hình 1. Cấu trúc lục giác và cấu trúc xoắn ốc hình tròn (a), so sánh hệ số phẩm chất  $Q_{\text{Factor}}$  giữa hai cấu trúc (b)

Hình 2(a) mô tả cấu trúc ô cơ sở của tấm vật liệu biến hóa bao gồm hai lớp; Lớp trên là dây đồng mảnh có cấu trúc 4 vòng xoắn hình lục giác với các thông số bề rộng dây  $W = 1$  mm, khoảng trống giữa hai dây là  $S = 1$  mm, và độ dày lớp dây đồng là  $t_m = 0.1$  mm; Lớp dưới là lớp điện môi FR-4 có bề dày  $t_d = 1$  mm, độ điện thẩm tương đối  $\varepsilon = 4.1$  và độ từ thẩm tương đối  $\mu = 1$ . Kích thước của ô cơ sở lần lượt là  $a = 5$  cm,  $b = 5.77$  cm.

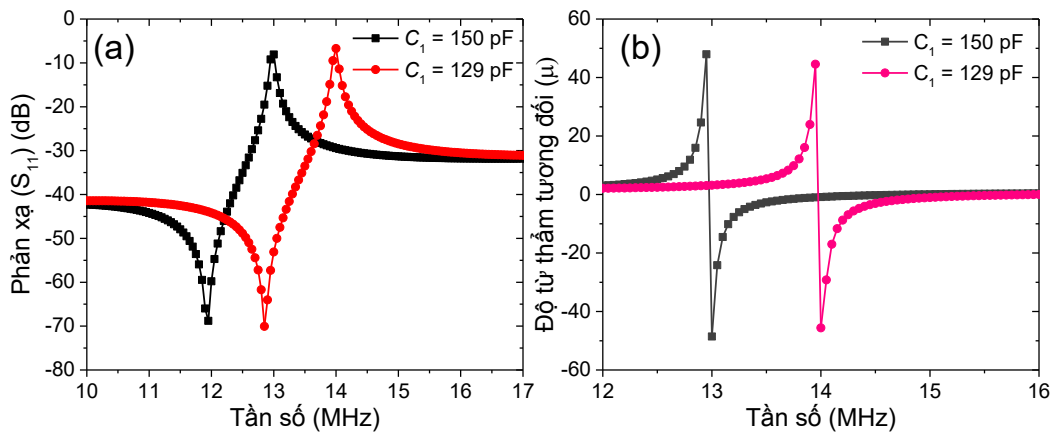


Hình 2. Cấu trúc ô cơ sở hình lục giác (a) sơ đồ mạch điện tương đương (b).

Hình 2(b) mô tả sơ đồ mạch điện tương đương của ô cơ sở vật liệu biến hóa. Mô hình mạch điện là một mạch cộng hưởng RLC bao gồm một điện trở  $R_0 = 0.38 \Omega$ , một điện cảm  $L_0 = 686 \mu\text{H}$ , và tụ điện ký sinh có điện dung  $C_0 = 2$  pF, để thay đổi giá trị điện dung của cấu trúc, một tụ điện  $C_1 = 129$  pF được hàn giữa hai đầu của cuộn dây. Dựa trên mô hình mạch điện tương đương, tần số cộng hưởng riêng  $f_0$  của ô cơ sở được xác định theo công thức:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_0 C_{\text{Sum}}}}, \quad (1)$$

trong đó  $C_{\text{Sum}} = C_0 + C_1$  là giá trị điện dung tổng cộng của cấu trúc.



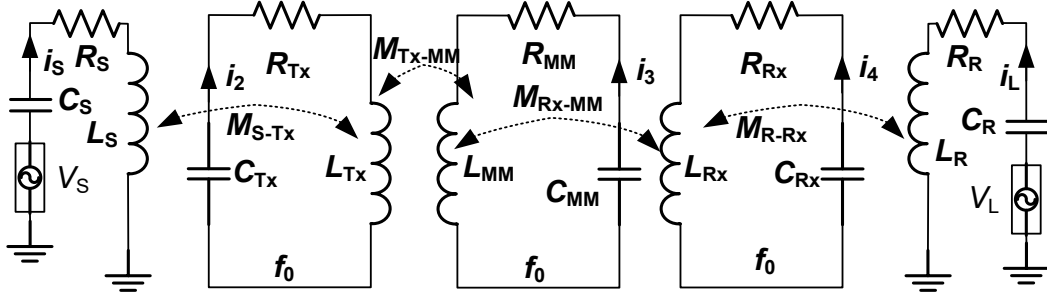
Hình 3. Cấu trúc ô cơ sở hình lục giác (a), sơ đồ mạch điện tương đương (b).

Hình 3(a) mô tả phổ phản xạ của ô cơ sở vật liệu biến hóa tại các giá trị điện dung  $C_1$ , được khảo sát trên miền tần số từ 10 MHz đến 17 MHz. Kết quả cho thấy tần số cộng hưởng của ô cơ sở lần lượt tại các giá

trị  $C_1 = 129 \text{ pF}$  và  $150 \text{ pF}$  tương ứng là  $14 \text{ MHz}$  và  $13 \text{ MHz}$ . Hình 3(b) mô tả giá trị từ thẩm của ô cơ sở khảo sát trên miền tần số từ  $12 \text{ MHz}$  tới  $16 \text{ MHz}$ . Kết quả cho thấy, tại lân cận vùng cộng hưởng lần lượt là  $13\sim 13.5 \text{ MHz}$  và  $14\sim 14.5 \text{ MHz}$ , giá trị độ từ thẩm của ô cơ sở có giá trị âm.

### 2.1.2. Mô hình hệ thống truyền năng lượng không dây

Hình 4 mô tả mạch điện tương đương của hệ thống truyền năng lượng không dây có sử dụng tấm vật liệu biến hóa. Các cuộn dây cộng hưởng Tx, Rx và tấm vật liệu biến hóa được mô hình hóa bằng các mạch cộng hưởng RLC. Trong đó  $M_{S-Tx}$  là hồ cảm giữa cuộn ăng-ten phát  $L_S$  và cuộn Tx,  $M_{Tx-MM}$  là hồ cảm giữa cuộn Tx và tấm vật liệu biến hóa,  $M_{Rx-MM}$  là hồ cảm giữa tấm vật liệu biến hóa và cuộn Rx,  $M_{R-Rx}$  là hồ cảm giữa cuộn Rx và cuộn ăng-ten thu  $L_R$ .



Hình 4. Sơ đồ mạch điện tương đương của hệ thống truyền năng lượng không dây sử dụng tấm vật liệu biến hóa.

Từ mô hình mạch điện tương đương và định luật Ohm, phương trình ma trận thu được:

$$\begin{bmatrix} V_S \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_1 & j\omega M_{12} & 0 & 0 & 0 \\ j\omega M_{12} & Z_2 & -j\omega M_{23} & 0 & 0 \\ 0 & -j\omega M_{23} & Z_3 & j\omega M_{34} & 0 \\ 0 & 0 & j\omega M_{34} & Z_4 & -j\omega M_{45} \\ 0 & 0 & 0 & -j\omega M_{45} & Z_5 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \\ i_4 \\ i_5 \end{bmatrix}, \quad (2)$$

trong đó

$$M_{12} = M_{S-Tx}; M_{23} = M_{Tx-MM}; M_{34} = M_{Rx-MM}; M_{45} = M_{R-Rx}; i_S = i_1; i_L = i_5;$$

$$Z_1 = \sqrt{R_S^2 + \left( \omega L_S - \frac{1}{\omega C_S} \right)^2}; Z_4 = \sqrt{R_{Rx}^2 + \left( \omega L_{Rx} - \frac{1}{\omega C_{Rx}} \right)^2}$$

$$Z_2 = \sqrt{R_{Tx}^2 + \left( \omega L_{Tx} - \frac{1}{\omega C_{Tx}} \right)^2}; Z_5 = \sqrt{R_R^2 + \left( \omega L_R - \frac{1}{\omega C_R} \right)^2}$$

$$Z_3 = \sqrt{R_{MM}^2 + \left( \omega L_{MM} - \frac{1}{\omega C_{MM}} \right)^2}$$

Giải hệ phương trình (2) thu được tỉ số dòng điện  $i_L/i_S$  như sau:

$$\frac{i_L}{i_S} = \frac{\omega^4 M_{12} M_{23} M_{34} M_{45} R_S}{\omega^4 M_{23}^2 M_{45}^2 Z_1 + \omega^4 M_{12}^2 M_{45}^2 Z_3 + \omega^4 M_{12}^2 M_{34}^2 Z_5 + \omega^2 M_{23}^2 Z_1 Z_4 Z_5 + \omega^2 M_{12}^2 Z_3 Z_4 Z_5 + \omega^2 M_{34}^2 Z_1 Z_2 Z_5 + Z_1 Z_2 Z_3 Z_4 Z_5}. \quad (3)$$

Hiệu suất của hệ thống được xác định

$$\eta = \frac{P_S}{P_L} \approx \left( \frac{i_L}{i_S} \right)^2, \quad (4)$$

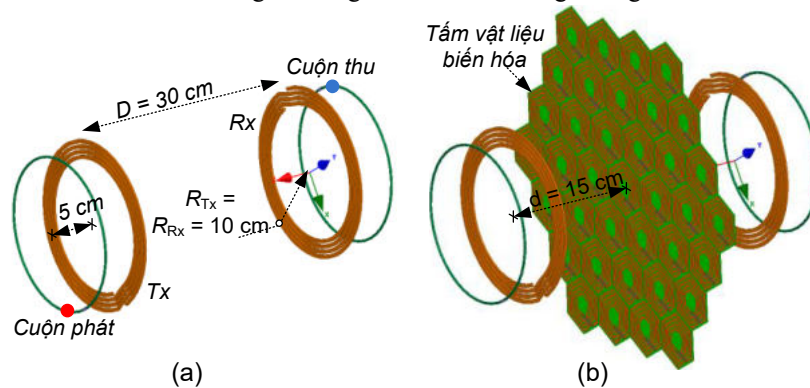
trong đó  $P_S$  và  $P_L$  lần lượt là công suất của nguồn và tải.

## 2.2. Mô hình mô phỏng trên HFSS

Hình 5(a) trình bày mô phỏng hệ thống truyền năng lượng không dây sử dụng hệ 4 cuộn dây trên phần mềm mô phỏng HFSS. Hai cuộn ăng-ten thu (Source) và phát (Load) có đường kính giống nhau là  $17 \text{ cm}$ . Hai



cuộn cộng hưởng Tx và Rx có cùng thông số kỹ thuật, với 4 vòng dây và bán kính ngoài  $R_{Tx} = R_{Rx} = 10$  cm. Vật liệu chế tạo các cuộn là kim loại đồng. Khoảng cách hai cuộn cộng hưởng Tx và Rx là  $D = 30$  cm.

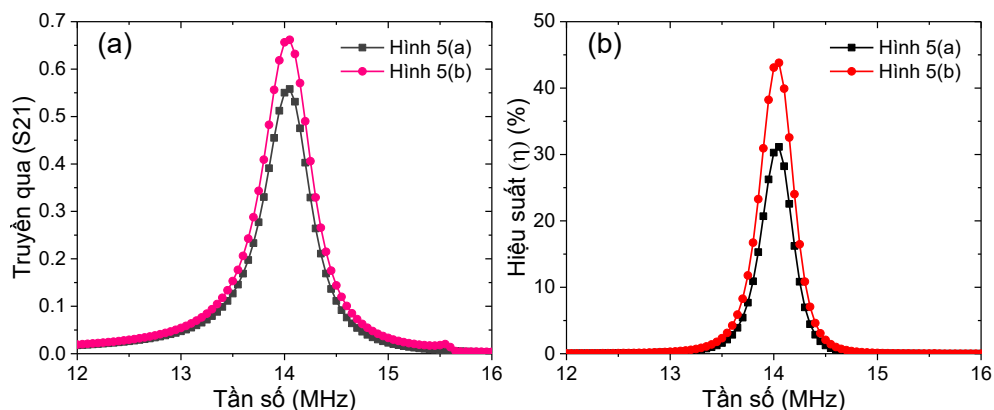


Hình 5. Hệ thống truyền năng lượng không dây sử dụng 4 cuộn dây (a) và hệ thống truyền năng lượng sử dụng tấm vật liệu biến hóa (b) tại khoảng cách truyền là 30 cm.

Hình 5(b) trình bày mô phỏng hệ thống truyền năng lượng không dây sử dụng tấm vật liệu biến hóa trên phần mềm mô phỏng HFSS. Tấm vật liệu biến hóa được cấu tạo bởi 37 ô cơ sở hình lục giác và đặt tại khoảng giữa hai cuộn dây Tx và Rx.

### 3. Kết quả và thảo luận

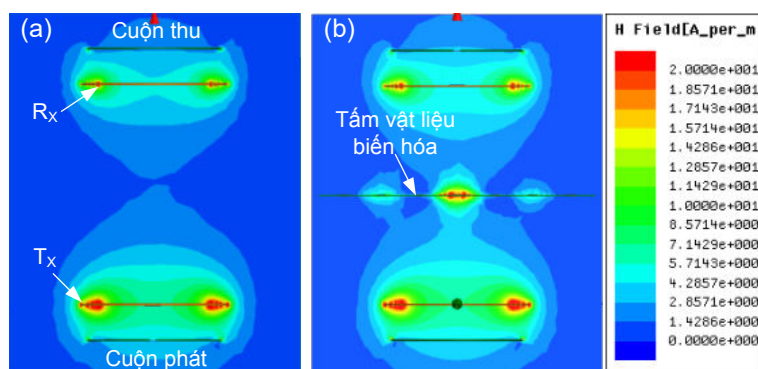
Hình 6(a) mô tả phổ truyền qua của hệ thống truyền năng lượng không dây trong trường hợp không sử dụng tấm vật liệu biến hóa (hình 5(a)) và hệ thống có sử dụng tấm vật liệu biến hóa (hình 5(b)). Kết quả cho thấy tại khoảng cách truyền giữa hai cuộn Tx và Rx là 30 cm, hệ số truyền qua của hệ thống không sử dụng tấm vật liệu biến hóa là 0,55, trong khi hệ thống có sử dụng tấm vật liệu biến hóa cho hệ số truyền qua cao hơn là 0,67 tại tần số 14 MHz.



Hình 6. Kết quả mô phỏng so sánh phổ truyền qua (a) và hiệu suất (b) của hệ thống truyền năng lượng không dây khi sử dụng và không sử dụng tấm vật liệu biến hóa tại khoảng cách truyền (Tx-Rx) là 30 cm

Hình 6(b) mô tả so sánh hiệu suất truyền năng lượng của hệ thống truyền năng lượng không dây trong trường hợp không sử dụng tấm vật liệu biến hóa và hệ thống có sử dụng tấm vật liệu biến hóa. Tại tần số 14 MHz, hệ thống truyền năng lượng sử dụng 4 cuộn dây có hiệu suất là 30,25%, trong khi đó hệ thống sử dụng tấm vật liệu biến hóa có hiệu suất lên tới 45%. Kết quả cho thấy bằng cách sử dụng tấm vật liệu biến hóa trong hệ thống truyền năng lượng không dây, hiệu suất của hệ thống được tăng lên tại cùng khoảng cách truyền dẫn. Sự tăng hiệu suất được giải thích dựa trên tăng cường liên kết từ giữa các cuộn dây cộng hưởng Tx và Rx thông qua tấm vật liệu biến hóa. Do tấm vật liệu biến hóa có tần số cộng hưởng giống với hai cuộn Tx và Rx, nên từ trường từ cuộn Tx cảm ứng và kích thích tấm vật liệu biến hóa, tiếp tục được tăng cường và truyền tới cuộn cộng hưởng Rx và cuộn thu.

Hình 7(a) mô tả phân bố cường độ từ trường H tại tần số 14 MHz trên hệ thống truyền năng lượng không dây không sử dụng tấm vật liệu biến hóa ở khoảng cách truyền là 30 cm. Kết quả cho thấy cường độ từ trường phân bố thấp ( $< 4,2$  A/m) tại khoảng giữa hai cuộn Tx và Rx. Điều này thể hiện liên kết cảm ứng từ giữa hai cuộn Tx và Rx là nhỏ. Hình 7(b) mô tả phân bố cường độ từ trường H tại tần số 14 MHz trên hệ thống truyền năng lượng không dây sử dụng tấm vật liệu biến hóa ở khoảng cách truyền là 30 cm. Kết quả cho thấy phân bố cường độ từ trường tại vị trí tấm vật liệu biến hóa được tăng cường, do đó cường độ từ trường trên cuộn Rx và cuộn thu cũng đạt giá trị cao hơn khi so sánh với hệ thống ở hình 7(a).



Hình 7. Mô phỏng phân bố cường độ từ trường trên hệ thống truyền năng lượng không dây khi sử dụng (a) và không sử dụng (b) tấm vật liệu biến hóa tại khoảng cách truyền (Tx-Rx) 30 cm.

#### 4. Kết luận

Trong bài báo này chúng tôi đã nghiên cứu, thiết kế và mô phỏng tính chất vật liệu biến hóa có ô cơ sở hình lục giác. Ứng dụng tấm vật liệu biến hóa có cấu trúc hình lục giác vào hệ thống truyền năng lượng không dây để nâng cao hiệu suất truyền dẫn. Kết quả thu được hiệu suất đạt 45% tăng 14,75% so với hệ thống truyền năng lượng không sử dụng tấm vật liệu biến hóa. Kết quả nghiên cứu này đã mở ra những ứng dụng hữu ích mới của vật liệu biến hóa phục vụ cho đời sống con người như: các tấm sạc cho nhiều thiết bị, bộ lọc và khuếch đại năng lượng.

#### Tài liệu tham khảo

- Amjad M., Farooq-i-Azam M., Ni Q., Dong M. and Ansari E.A., 2022. *Wireless charging systems for electric vehicles*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 167: 112730.
- Musavi F. and Eberle W., 2014. *Overview of wireless power transfer technologies for electric vehicle battery charging*. IET Power Electronics, 7(1): 60-66.
- Thein M.E. and Kaewpradap A., 2022. *Review on Key Factors of Wireless Power Transfer Technology for Electric Vehicles*. Engineering Journal, 26(8): 25-40.
- Bui H.N., Pham T.S., Kim J.S. and Lee J.W., 2020. *Field-focused reconfigurable magnetic metamaterial for wireless power transfer and propulsion of an untethered microrobot*. Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 494: 165778.
- Kuang S., Yan G. and Wang Z., 2020. *Optimization design for receiving coil with novel structure based on mutual coupling model in wireless power transmission for capsule endoscope*. Energies, 13(23): 6460.
- Mahmood A.I., Gharghan S.K., Eldosoky M.A. and Soliman A.M., 2022. *Near -field wireless power transfer used in biomedical implants: A comprehensive review*. IET Power Electronics.
- Lee K. and Chae S.H., 2021. *Comparative Study of Achievable Efficiency Between Three-and Four-Coil Wireless Power Transfer Systems*. IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics, 10(2): 2138-2146.
- Jawad A.M., Nordin R., Gharghan S.K., Jawad H.M. and Ismail, M., 2017. *Opportunities and challenges for near-field wireless power transfer: A review*. Energies, 10(7): 1022.
- Ranaweera A.L.A.K., Pham T.S., Bui H.N., Ngo V. and Lee J.W., 2019. *An active metasurface for field-localizing wireless power transfer using dynamically reconfigurable cavities*. Scientific reports, 9(1): 1-12.

### ABSTRACT

## Investigation of hexagonal metasurface enhanced the wireless power transfer efficiency at MHz

Bui Huu Nguyen<sup>1,\*</sup>, Vu Dinh Lam<sup>2</sup>, Dao Viet Thang<sup>1</sup>, Le Duc Tuyen<sup>1</sup>, Nguyen Manh Hung<sup>1</sup>, Tong Ba Tuan<sup>1</sup>, Nguyen Duc Khoat<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Hanoi University of Mining and Geology

<sup>2</sup>Graduate University of Science and Technology, Vietnam Academy of Science and Technology, 18 Hoang Quoc Viet, Cau Giay, Ha Noi, Viet Nam

In this work, we investigate a hexagonal metamaterial structure with a negative permeability for applying to enhance the efficiency and transferring distance of the wireless power transfer (WPT) system at 14 MHz.

The wireless power transfer system uses a metamaterial slab assembled by a 37 hexagonal unit cell. By using the hexagonal metamaterial, the WPT efficiency approaches 45% increasing 14.75% compared to the system without metamaterial at the transferring distance of 30 cm, equal to 1.5 times the diameter of the Tx and Rx coils.

*Keywords:* Wireless power transfer, metamaterial, resonant coupling.