

# GIỚI THIỆU VỀ CẢM BIẾN THỤ ĐỘNG KHÔNG DÂY DẠNG SÓNG ÂM BỀ MẶT VÀ MỘT ĐỊNH HƯỚNG ỨNG DỤNG TRONG HỆ THỐNG TRUYỀN TẢI ĐIỆN NĂNG

THE INTRODUCTION TO PASSIVE WIRELESS SENSORS BASED ON SURFACE ACOUSTIC WAVE AND AN ORIENTATION OF APPLICATION IN POWER TRANSMISSION SYSTEMS

Nguyễn Thu Hà<sup>1,\*</sup>,  
Phạm Văn Minh<sup>1</sup>, Đỗ Duy Phú<sup>1</sup>

## TÓM TẮT

Trong những năm gần đây, các cảm biến không dây dạng sóng âm bề mặt được nghiên cứu rộng rãi nhằm mục đích cải thiện đặc tính của chúng và ứng dụng trong các lĩnh vực truyền thông, xử lý tín hiệu: nhận dạng thẻ, cảm biến sinh học, cảm biến vật lý... bởi các ưu điểm nổi trội như không cần cấp nguồn, truy cập không dây, cho phép giám sát từ xa môi trường khắc nghiệt... với dải tần làm việc từ 10MHz đến vài GHz. Trong nước, đã có một số nghiên cứu ứng dụng về cảm biến sóng âm bề mặt tuy nhiên các công bố về cảm biến thụ động không dây dạng sóng âm bề mặt ít được đề cập. Bài báo này giới thiệu về nguyên lý cấu tạo, hoạt động của cảm biến thụ động không dây dạng sóng âm bề mặt và một định hướng ứng dụng của cảm biến vào việc đo và giám sát nhiệt độ trên đường dây trong hệ thống truyền tải điện năng. Định hướng này có thể là tiền đề cho các nghiên cứu tiếp theo.

**Từ khóa:** Cảm biến thụ động không dây; sóng âm bề mặt; cảm biến nhiệt độ; truyền tải điện năng.

## ABSTRACT

In recent years, passive wireless sensors based on surface acoustic wave have been extensively studied to improve their properties, apply them in fields of communication and signal processing - as identification tags, chemical and biosensors, and as sensors of different physical because of their outstanding advantages such as there is no need to use any separate powers to supply them, maybe accessed wirelessly and remote monitoring the harsh indoor/outdoor environments. They work in the frequency range of 10 MHz to several GHz. In our country, some studies about their application have been published with no mention to wireless accessibility. This paper introduces the operating principles of passive wireless sensor based on surface acoustic wave and orient of application in measuring and monitoring temperature in the power transmission systems. This orientation may be the premise for further research.

**Keywords:** Passive wireless sensor; surface acoustic, temperature sensor, power transmission.

<sup>1</sup>Khoa Điện, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

\*Email: hant.hau@gmail.com

Ngày nhận bài: 28/12/2017

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 08/4/2018

Ngày chấp nhận đăng: 21/8/2018

Phản biện khoa học: TS. Quách Đức Cường

## CHỮ VIẾT TẮT

WST	Wireless Sensor Technology
WSN	Wireless Sensor Network
RFID	Radio Frequency Identification
BAW	Bulk Acoustic Wave
SAW	Surface Acoustic Wave
IDT	Inter Digital Transduce

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Công nghệ cảm biến không dây (Wireless Sensor Technology - WST) hiện nay đang được quan tâm rất lớn trong đó nổi trội là hai nội dung: mạng cảm biến không dây (Wireless Sensor Network - WSN) và thiết bị cảm biến dựa trên việc nhận dạng tần số vô tuyến (Radio frequency identification - RFID). Các kết quả nghiên cứu gần đây là tiền đề và cung cấp nhiều cơ hội cho nghiên cứu và phát triển về lĩnh vực này [1]. Đáp ứng được yêu cầu về việc giảm chi phí đầu tư ban đầu, kích thước thiết bị ngày càng nhỏ hơn và áp dụng được những thành tựu trong công nghệ tần số vô tuyến kết hợp với các vi mạch số.

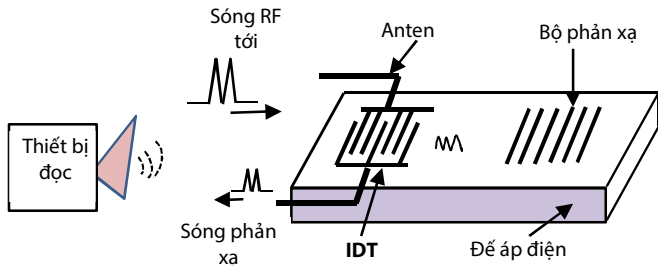
Cùng với các cảm biến sóng âm khối (Bulk Acoustic Wave-BAW), cảm biến sóng âm bề mặt (Surface Acoustic Wave - SAW) cũng là loại cảm biến thụ động không dây được quan tâm lớn hiện nay do có các ưu điểm nổi trội như: kích thước nhỏ gọn, không yêu cầu pin hoặc nguồn điện để vận hành, có thể chịu được điều kiện môi trường khắc nghiệt, độc hại, những nơi có điện áp cao với cấu trúc đơn giản, tần số làm việc lớn và khả năng truy cập không dây [2].

Bài báo này giới thiệu về một loại cảm biến thụ động không dây trên nền thiết bị sóng âm bề mặt SAW đồng thời đưa ra một định hướng ứng dụng của thiết bị trong việc đo nhiệt độ trên đường dây truyền tải điện năng.

## 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

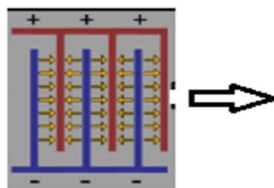
Hình 1 mô tả cấu trúc và nguyên lý của một cảm biến thụ động không dây dạng sóng âm bề mặt SAW. Thiết bị gồm một đế là vật liệu áp điện, trên bề mặt để đặt bộ

chuyển đổi (IDT) tạo bởi các thanh kim loại xếp đan xen nhau trên có gắn Anten và các bộ phản xạ cũng được tạo bởi các thanh kim loại.



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý của cảm biến thụ động không dây dạng sóng âm bề mặt SAW

Anten nhận sóng tần số vô tuyến (RF) từ thiết bị đọc và truyền tới IDT, do tính chất kim loại các thanh IDT đều dẫn điện và nhanh chóng phân cực trở thành các điện cực tích điện (+) và tích điện (-), tạo ra khu vực điện trường xoay chiều giữa các thanh của IDT như hình 2.

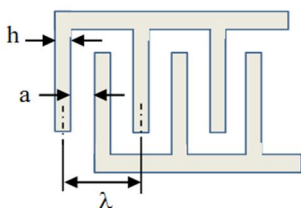


Hình 2. Điện trường xoay chiều giữa các điện cực của IDT

Dưới tác dụng của điện trường, tại bề mặt đế áp điện nơi đặt IDT xảy ra hiện tượng áp điện ngược. Chính điện trường phân cực và xen kẽ giữa các IDT tạo nên sự nén hoặc kéo xen kẽ tương ứng trên bề mặt áp điện gây ra biến dạng đàn hồi. Năng lượng điện biến đổi thành năng lượng cơ dưới dạng các dao động cơ. Điện trường xoay chiều liên tục tác động lên bề mặt đế áp điện nên các dao động cơ liên tục được sinh ra và lan truyền trên bề mặt áp điện theo một vận tốc nhất định. Các dao động cơ lan truyền tới các bộ phản xạ, một phần sóng này sẽ phản xạ theo hướng ngược lại khi đập vào các thanh phản xạ. Sóng phản xạ cộng hưởng với sóng lan truyền thuận tại một tần số cộng hưởng - phụ thuộc các tham số của IDT như hình 3 và được xác định bởi công thức (1):

$$f_0 = \frac{v_R}{\lambda} = \frac{v_R}{2(a+h)} \tag{1}$$

Trong đó:  $v_R$  là vận tốc sóng Rayleigh lan truyền trên bề mặt áp điện - giá trị này phụ thuộc vào vật liệu đế;  $a$  là khoảng cách giữa các thanh điện cực;  $h$  là độ rộng của điện cực IDT;  $\lambda$  là độ dài bước sóng [3].



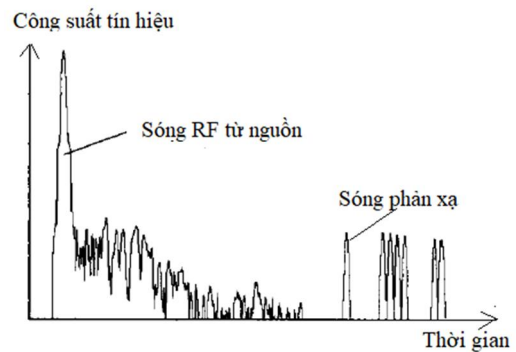
Hình 3. Các thông số của điện cực IDT

Các dao động cơ lan truyền tới các bộ phản xạ, một phần sóng này sẽ phản xạ theo hướng ngược lại và lan truyền đến IDT, tại đây xảy ra hiệu ứng áp điện thuận - các sóng cơ biến đổi thành sóng điện và được phát đi bởi Anten. Sóng lan truyền trên bề mặt đế áp điện phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố kết hợp [4] thể hiện theo công thức (2):

$$\frac{\Delta v}{v} \approx \frac{1}{v} \left( \frac{\partial v}{\partial T} \Delta T + \frac{\partial v}{\partial \epsilon} \Delta \epsilon + \frac{\partial v}{\partial E} \Delta E + \frac{\partial v}{\partial \sigma} \Delta \sigma + \frac{\partial v}{\partial m} \Delta m + \frac{\partial v}{\partial p} \Delta p + \dots \right) \tag{2}$$

Trong đó:  $T$  - là nhiệt độ;  $E$  - điện trường;  $\sigma$  - độ điện dẫn của vật liệu;  $\epsilon$  - hằng số điện môi;  $p$  - áp suất;  $m$  - khối lượng

Vận tốc lan truyền của sóng âm bề mặt phụ thuộc vào góc cắt tinh thể áp điện. Sóng hồi đáp lại thiết bị đọc. Sóng phát ra và sóng hồi đáp theo thời gian mô tả trên hình 4. Sóng hồi đáp này mang thông tin về vị trí phản xạ, số bộ phản xạ và đặc tính lan truyền của sóng âm bề mặt SAW. Các tham số của sóng hồi đáp như biên độ, tần số, góc pha, chu kỳ đều mang thông tin về đối tượng đo.



Hình 4. Mô tả sóng phát ra và sóng hồi đáp theo thời gian

Các thiết bị đọc căn cứ vào thời gian trễ, sự khác biệt về tần số hoặc pha của sóng RF phát ra và sóng phản xạ trở về để có giá trị về đại lượng đo. Nếu kí hiệu  $T_D$  là thời gian lan truyền sóng trên bề mặt đế, khoảng cách từ vị trí trung tâm của IDT và bộ phản xạ là  $L$ , vận tốc lan truyền sóng là  $v_{saw}$  thì mối quan hệ của chúng được thể hiện bởi công thức (3):

$$T_D = \frac{L}{v_{saw}} \tag{3}$$

Thời gian lan truyền sóng do các yếu tố: nhiệt độ, ứng suất, sức căng... tác động theo quan hệ cho bởi công thức (2).

Nếu gọi  $T_0$  là thời gian trễ lan truyền, chịu tác động của đại lượng vật lý  $y$ , thì độ nhạy  $S_T^y$  của  $T$  theo  $y$  được thể hiện bởi (4):

$$S_T^y = \frac{1}{T} \cdot \frac{dT}{dy} \tag{4}$$

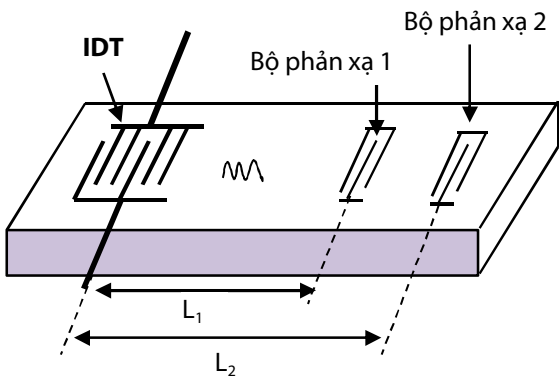
Xấp xỉ tuyến tính mở rộng chuỗi Taylor bậc 1 của (4) sẽ nhận được:

$$T_y = T_0 (1 + S_T^y \cdot y) \tag{5}$$

Biến thiên  $\Delta T$  của thời gian trễ  $T_0$  là:

$$\Delta T = T_y - T_0 = T_0 \cdot S_y^T \quad (6)$$

Khi đo các đại lượng vật lý, để giảm sai số do nhiệt độ thường quy về bài toán đo  $\Delta T$  hoặc đo tần số trung tâm. Cảm biến thụ động không dây dạng sóng âm bề mặt SAW làm việc ở chế độ một cổng có thể dùng cho mục đích nhận dạng (thể nhận dạng)[5] hoặc đo lường. Với mục đích nhận dạng, mỗi bộ phản xạ sẽ cho 1 bit trong độ dài dữ liệu hồi đáp mà thiết bị đọc thu về, có thể dùng các phương pháp xử lý dữ liệu khác nhau trong các thiết bị đọc như điều chế biên bộ xung hoặc điều chế pha. Với mục đích đo lường, với giả thiết sử dụng 2 bộ phản xạ như hình 5, khoảng cách từ IDT đến các bộ phản xạ tương ứng là  $L_1$  và  $L_2$ .



Hình 5. Sơ đồ cấu trúc của cảm biến thụ động không dây SAW dùng 2 bộ phản xạ

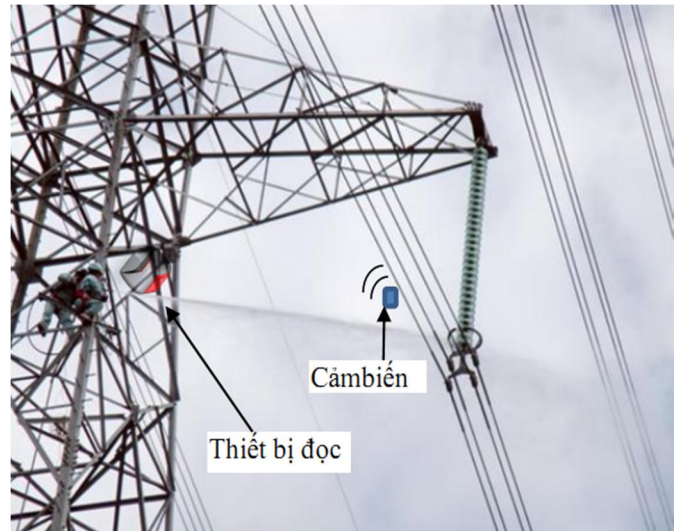
Khi cảm biến tác động sẽ gây ra một thời gian trễ  $\tau$  giữa các đáp ứng của sóng phản xạ, trễ này tỷ lệ với khoảng cách đặt các bộ phản xạ - theo công thức (7) hoặc căn cứ vào sự suy giảm biên độ sóng phản xạ để tính giá trị đại lượng cần đo.

$$\tau = \frac{(L_2 - L_1)}{V_{saw}} \quad (7)$$

### 3. ĐỊNH HƯỚNG ỨNG DỤNG

Trong các hệ thống đường dây truyền tải điện năng 220kV và 500kV, việc giám sát nhiệt độ trên đường dây là rất quan trọng. Giá trị nhiệt độ này phản ánh nguyên nhân gây ra các sự cố trên hệ thống như quá tải, môi trường, thời tiết... gây mất ổn định cho hệ thống cung cấp điện dẫn đến những thiệt hại nghiêm trọng cho nền kinh tế.

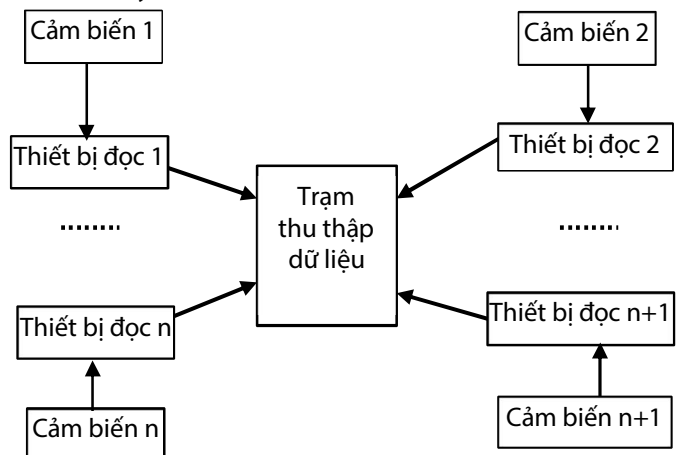
Để giám sát nhiệt độ tại các vị trí và thời điểm trên đường dây truyền tải, hiện nay một số phương pháp đang được sử dụng như sử dụng thiết bị thu/phát nhiệt hồng ngoại hoặc theo dõi nhiệt độ trực tuyến trên đường dây dùng Pt1000 cùng các thiết bị và công nghệ phụ trợ. Giải pháp này bên cạnh các ưu điểm như vận hành đơn giản, hệ thống xử lý số thông minh, có khả năng giao tiếp và giám sát qua mạng với các thiết bị phụ trợ đi kèm. Tuy nhiên, vẫn tồn tại hạn chế bởi yêu cầu cấp nguồn cho cảm biến. Hình 6 mô tả vị trí đặt cảm biến trên đường dây truyền tải điện năng.



Hình 6. Vị trí đặt thiết bị cảm biến trên đường dây 500kV

Cảm biến thụ động không dây dạng sóng âm bề mặt có khả năng khắc phục hạn chế này bởi ưu điểm là việc hoạt động không cần cấp nguồn và sử dụng các nguồn sóng RF sẵn có trong môi trường, nhạy với ưu sự thay đổi của nhiệt độ và có khả năng nổi mạng thực hiện việc thu thập và giám sát nhiệt độ trong phạm vi rộng.

Hình 7 mô tả sơ đồ nguyên lý của hệ thống, bao gồm: các cặp cảm biến thụ động không dây SAW và thiết bị đọc tương ứng và các trạm thu thập dữ liệu để truyền tải dữ liệu đến các máy chủ.



Hình 7. Sơ đồ nguyên lý hệ thống đo nhiệt độ dùng cảm biến SAW

Các vấn đề cần giải quyết cụ thể gồm:

- Cấu trúc của loại cảm biến sử dụng.
- Lắp đặt - gắn cảm biến trên đường dây.
- An ten trên cảm biến.
- Khoảng cách giữa thiết bị đọc và cảm biến.
- Thiết bị đọc tín hiệu phản xạ.
- Dải tần số làm việc.

Hiện nay, các thiết bị đọc sóng RF phản xạ được nghiên cứu khá nhiều sử dụng các DSP, vì hệ thống tạo ra các bộ lọc tần số của tín hiệu tuy nhiên mỗi kết quả nghiên cứu được định hướng phù hợp với cấu trúc cảm biến lựa chọn.

#### 4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Bài báo giới thiệu về nguyên lý cấu tạo cơ bản của cảm biến thụ động không dây dạng sóng âm bề mặt và một định hướng phạm vi ứng dụng của sản phẩm. Các tác giả đã đề cập đến các nội dung cần giải quyết bao gồm nhiều mô đun công việc như đã nêu ở mục 3. Các mô đun thu thập dữ liệu, thiết bị đọc tín hiệu phản xạ đã được nghiên cứu trong nhiều công trình đã công bố. Trong phạm vi hẹp, nhóm tác giả hướng về nghiên cứu chế tạo cảm biến SAW, và phương pháp cố định vị trí của cảm biến trên đường dây. Tuy nhiên, nếu triển khai thực hiện các tác giả sẽ gặp một số khó khăn cụ thể:

- ✓ Các thiết bị sử dụng trong việc chế tạo cảm biến ở nước ta chưa đầy đủ - một số linh kiện phụ trợ cần nhập từ nước ngoài.

- ✓ Các máy đo lường của trường chưa đáp ứng được yêu cầu chế tạo.

- ✓ Cần phối hợp với các cơ sở đạo tạo để hợp tác và sử dụng các thiết bị cũng như công bố các công trình khoa học - ví dụ phòng sạch của Viện Vật liệu ITIMS của trường Đại học Bách khoa Hà Nội.

Với các ứng dụng hiện nay của cảm biến thụ động không dây SAW trong các lĩnh vực như trong công nghiệp chế tạo và lắp ráp xe hơi, hàng không vũ trụ..., hướng nghiên cứu cũng đáp ứng được việc hội nhập về khoa học công nghệ, bắt kịp các xu hướng nghiên cứu quốc tế.

---

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Donald C. Malocha , Mark Gallagher, Brian Fisher, James Humphries, Daniel Gallagher and Nikolai Kozlovski, 2013. *A Passive Wireless Multi-Sensor SAW Technology Device and System Perspectives*. Sensors 2013, 13, 5897-5922

[2]. Leonhard M. Reindl, 2008. *Wireless Passive Sensors: Basic Principles and Performances*. IEEE SENSORS 2008 Conference. 1-4244-2581-5/08/\$20.00 ©2008 IEEE

[3]. Colin Campbell, 1989. *Surface Acoustic Wave Devices and Their Signal Processing Applications*. United Kingdom Edition published by Academic Press INC. (London) LTD. 24-28 Oval Road, London NW1 7DX

[4]. Stefan Cular, 2008. *Designs and applications of surface acoustic wave sensors for biological and chemical sensing and sample handling* Dr Thesis, University of South Florida, 6-1-2008.

[5]. F. Schmidt, O. Sczesny, C. Ruppel, V. Magori, 1996. *Wireless Interrogator System for SAW-Identification- Marks and SAW-Sensor Components*. IEEE International Frequency Control Symposium. 0-7803-3309-8/96 \$5.00 © 1996 IEEE.