

NGHIÊN CỨU KHÔI PHỤC CẢM BIẾN ÁP ĐIỆN CHO TỔ HỢP ANTEN SÔ NA NHÚNG VGS-3 TRANG BỊ CHO KHÔNG QUÂN -HẢI QUÂN

Trương Văn Chương^{1*}, Đỗ Việt Ôn¹, Ngô Ngọc Tuấn^{1,2}, Nguyễn Văn Thịnh³

¹ Khoa Vật lý, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế

² Viện kỹ Thuật Hải quân, Quân chủng Hải quân

³ Trường Đại học Sư phạm kỹ thuật - Đại học Đà Nẵng

*Email: truongvanchuong@yahoo.com

TÓM TẮT

VGS-3 là thiết bị được sử dụng để phát hiện mục tiêu ở các vị trí dưới mặt, xác định tọa độ của chúng (góc phương vị và cự ly) và bán tự động đưa ra những thông số về tọa độ mục tiêu. Hai khối phát và thu là bộ phận quan trọng của Sô na nhúng. Khối phát được cấu tạo từ 7 cụm biến từ, mỗi cụm gồm 48 bản gôm ghép song song. Khối thu có dạng hình trụ, cấu tạo từ 24 thanh được bố trí đồng đều song song quanh bề mặt hình trụ. Mỗi thanh được tạo nên bởi 10 hộp biến từ chứa 40 bản gôm áp điện. Do phải làm việc trong điều kiện nhiệt đới khắc nghiệt, phần lớn các bản gôm áp điện đã bị già hóa nghiêm trọng. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu khôi phục các cảm biến áp điện cho tổ hợp anten sô na nhúng VGS-3 trang bị cho Không quân - Hải quân.

Từ khóa: Sô na nhúng, khối phát, khối thu, VGS-3.

1. MỞ ĐẦU

Vào những năm 1980, Liên Xô đã trang bị nhiều máy bay trực thăng săn ngầm tại Việt Nam để giám sát, chống ngầm với sô na nhúng VGS-3 và một số lượng rất lớn phao thủy âm vô tuyến thụ động. Vật liệu làm anten thủy âm được chế tạo từ thời Liên Xô cũ, không bền với điều kiện môi trường nhiệt đới của Việt Nam nên đã già hóa, các thông số áp điện suy giảm mạnh. Mặt khác tàu ngầm hiện đại có độ ồn giảm đi rất nhiều (hơn 10 lần), phần năng lượng lớn của tiếng ồn tàu ngầm gây ra nằm trong khoảng dưới 1kHz, dưới vùng tần số thu tín hiệu thủy âm (5 ÷ 10) kHz của phao vô tuyến thụ động và VGS-3. Chính vì vậy, các loại phao này đã trở nên kém hiệu quả trong dò tìm tàu ngầm hiện đại.

Năm 2015, Viện kỹ thuật Hải Quân Việt Nam đã hợp tác với nhóm Vật lý của Trường Đại học Khoa học Huế nghiên cứu khôi phục các cảm biến áp điện trên nền BaTiO₃ trong các phao thủy âm vô tuyến thụ động. Kết quả đã khôi phục được hầu hết các biến từ trong phao thủy âm thụ động, đảm bảo sẵn sàng chiến đấu cho các đơn vị trong quân chủng. Vừa qua, Viện Kỹ thuật hải quân và Trường Đại học khoa học đã ký hợp tác về việc khôi phục các chấn từ gôm áp điện của anten sô na VGS-3. Bài báo này trình bày một số kết quả chính trong quá

trình nghiên cứu giải mã nguyên lý hoạt động của các cảm biến áp điện của hai khối phát – thu, cũng như các giải pháp và kết quả đạt được trong thời gian gần 8 tháng khôi phục hệ thống số này.

2. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

2.1. Tìm hiểu về thiết bị VGS-3

VGS-3 là thiết bị được sử dụng để phát hiện mục tiêu ở các vị trí dưới mặt nước, xác định tọa độ của chúng (góc phương vị và cự ly) và bán tự động đưa ra những thông số về tọa độ trong hệ thống ngắm và dò tìm. Khối phát và thu là bộ phận quan trọng của VGS-3.



Hình 1. Khối phát - thu (trong vòng tròn) trên máy bay săn ngầm [1]

Nhiệm vụ của chúng tôi là tìm hiểu cấu tạo, nguyên lý làm việc của hai khối này và từ đó đưa ra giải pháp khôi phục chúng.

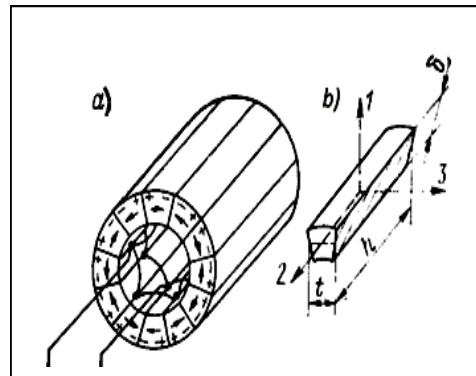
2.1.1. Anten phát (Thiết bị 1B)

Thiết bị 1B (hình 2) là bộ phát sóng hình trụ, được tổng hợp từ 7 vòng tròn gồm áp điện.



Hình 2. Hình ảnh khối phát sau khi bóc khỏi vỏ cao su bảo vệ

Hoạt động của anten bức xạ dựa trên hiệu ứng áp điện nghịch. Khi dẫn điện áp tới các phần tử áp điện, chúng được kích thích và tạo ra các dao động cơ học với tần số xác định và sau đó được lan truyền trong môi trường biển. Bảy vòng áp điện được mắc song song với nhau. Mỗi vòng được tạo nên từ việc ghép 48 thanh gồm áp điện hình thang, phân cực theo chiều dày, ghép song song trên một vành kim loại (Hình 3).

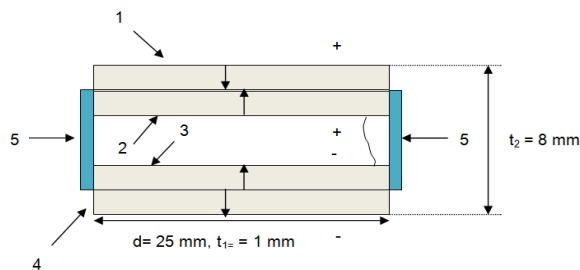


Hình 3. Một vòng của biến từ phát (trái) và cách ghép các thanh áp điện (phải)

Hình 3 mô tả chi tiết cấu tạo của vòng áp điện. Các lăng trụ sau khi phân cực được ghép lại với nhau sao cho các mặt cực giống nhau được nối chung cực. Các điện cực được gắn trên các bề mặt sườn của lăng trụ, bởi vậy trường điện trong vành tròn đặt theo trục 3, hướng theo vòng tròn giữa. Các hướng của trường điện và biến dạng trùng nhau, tức là xuất hiện hiệu ứng áp điện dọc. Trong trường hợp này, hệ số áp điện chi phối là d_{33} ($d_{33} > 2 d_{31}$) [2, 3].

2.1.2. Anten thu (Thiết bị 1A)

Thiết bị 1A (hình 4) là bộ thu hình trụ, cấu tạo từ 24 thanh, được bố trí đồng đều song song quanh bề mặt hình trụ của thân, được gắn bằng các màng cao su.



Hình 4. Cấu tạo của khối thu – Thiết bị 1A (trái) và hộp cộng hưởng (phải).

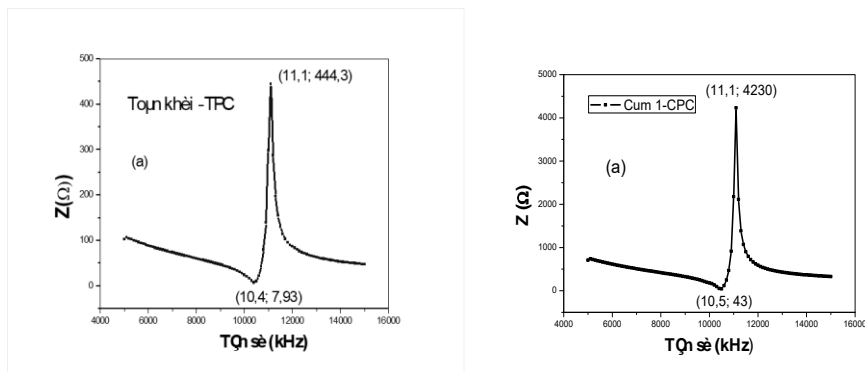
Trong mỗi thanh có 10 hộp, mỗi hộp gồm 2 khối áp điện được gắn vào một hình trụ tạo thành hình tròn. Mỗi khối áp điện gồm 2 bản gốm liên kết cứng, kiểu song song. Hai khối lại được mắc nối tiếp nhau. Khối 1 được ghép điện cực âm chung: $+ - - +$; khối 2 được ghép điện cực dương chung: $- + + -$. Hệ số áp điện d_{33} của mỗi khối là bằng không, nhưng hệ số d_{33} của toàn hộp lại rất lớn (> 1500 pC/N). Qua nghiên cứu, chúng tôi thấy biến từ đã được thiết kế theo lý thuyết bimorph hỗn hợp sử dụng dao động uốn. Chính vì vậy, chúng có tần số rất thấp.

Từ việc phân tích nguyên lý làm việc và cấu tạo chi tiết các phần tử áp điện của hai khối thu - phát. Để đưa ra được giải pháp khôi phục, sửa chữa toàn bộ hệ thống Sô na, chúng tôi đã tiến hành nghiên cứu chế tạo các thiết bị và vật tư phụ trợ không có sẵn trong điều kiện Việt nam. Cụ thể đã nghiên cứu chế tạo hai hệ phân cực cao áp, có điện áp 0 – 40 kV [4]; Nghiên cứu chế tạo keo dẫn bạc đóng rắn ở nhiệt độ phòng [5]; Nghiên cứu các đặc tính điện môi, sắt

điện, áp điện của các vật liệu gốm đang được sử dụng trong hai khối phát và thu; Nghiên cứu chế tạo hệ gốm áp điện tương đương nhằm thay thế các bản gốm của khối thu, phát bị hỏng [6].

2.2. Kết quả nghiên cứu khôi phục hệ thống Sô na

2.2.1. Nghiên cứu khôi phục khối phát



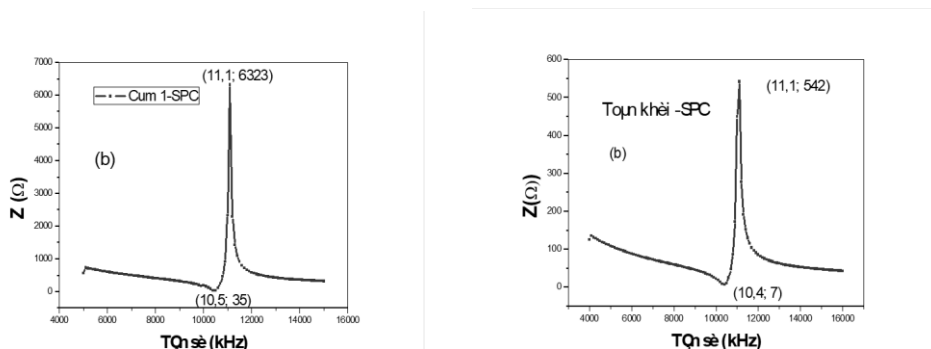
Hình 5. Phổ cộng hưởng của toàn khối biến tử phát (bên trái) và một vành của biến tử phát (phải)

trước khi khôi phục

Các thông số chính của toàn khối phát trước khi khôi phục: $f_r = 10,4$ kHz, $Z_{\min}(\Omega) = 7,93$; $f_a = 11,1$ kHz, $Z_{\max}(\Omega) = 444,3$; $C_s = 289,89$ nF; $D = 0,0094$ (1 kHz).

Các thông số chính của một vành biến tử phát trước khi khôi phục: $f_r = 10,5$ kHz, $Z_{\min}(\Omega) = 43$; + $f_a = 11,1$ kHz, $Z_{\max}(\Omega) = 4230$.

Gần như cả 7 vành của biến tử phát cùng có chung các thông số cơ bản nói trên. Qua kiểm tra, tất cả 48 bản gốm trong mỗi vành biến tử đều gắn kết tốt với vòng kim loại bên ngoài. Do đó phương án khôi phục là phân cực lại toàn hệ. Tuy nhiên, 48 bản gốm được mắc song song nên tổng trở toàn hệ rất thấp. Chính vì vậy, phương án cuối cùng được lựa chọn là: Giữ nguyên một dây chung, cắt bỏ dây thứ hai để 2 mắt kề nhau là độc lập với các cặp khác. Phân cực từng cặp mắt. Chọn chế độ phân cực: nhiệt độ phòng, điện trường 30 kV/cm, thời gian giữ điện trường là 50 phút. Tổng thời gian phân cực là 1 giờ.



Hình 7. Phổ cộng hưởng của một vành biến tử phát (trái) và toàn khối biến tử phát (bên phải)

sau khi khôi phục

Với phương án này, chấp nhận hệ số áp điện giảm một ít nhưng là khả thi nhất. Trên thực tế, không phải tất cả 24 cặp gồm trong 7 vành áp điện đều có trở kháng cao. Với các cặp này, phải chấp nhận phân cực ở điện trường thấp hơn 30 kV/cm. Kết quả, chúng tôi đã phân cực và khôi phục hoàn chỉnh 7 vành áp điện của khối phát trong Sona chủ động.

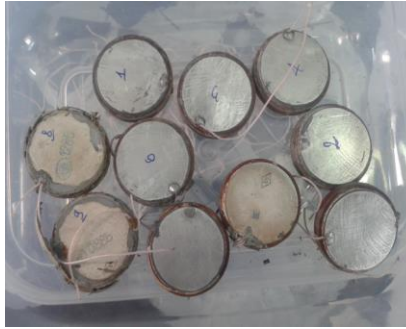
Bảng 1. So sánh một số thông số chính của các vành áp điện biến từ phát trước (TPC) và sau khi phân cực lại (SPC)

TT	f_s (kHz)	f_p (kHz)	Z_{min} (Ω)	Z_{max} (Ω)	C_s (nF)	D
Vành 1 (TPC)	10,5	11,1	42,90	4229	41,98	0,0082
Vành 1 (SPC)	10,5	11,1	35,33	6323	42,21	0,0082
Vành 2 (TPC)	10,4	11,1	30,80	4128	40,93	0,0066
Vành 2 (SPC)	10,4	11,1	27,17	5460	41,30	0,0072
Vành 3 (TPC)	10,4	11,1	36,21	3919	41,01	0,0085
Vành 3 (SPC)	10,4	11,1	27,45	5453	41,41	0,0087
Vành 4 (TPC)	10,4	11,1	50,90	3919	41,72	0,0088
Vành 4 (SPC)	10,5	11,0	36,70	5217	41,94	0,0093
Vành 5 (TPC)	10,5	11,1	36,95	5237	41,74	0,0075
Vành 5 (SPC)	10,4	11,1	34,25	7451	42,15	0,0087
Vành 6 (TPC)	10,4	11,0	34,64	4184	40,98	0,0148
Vành 6 (SPC)	10,3	11,0	28,67	7739	41,54	0,016
Vành 7 (TPC)	10,4	11,0	39,63	4760	41,53	0,0063
Vành 7 (SPC)	10,4	11,0	35,93	6426	41,90	0,0069

Toàn khối trước khôi phục: $f_r = 10,4$ kHz, $Z_{min}(\Omega) = 7,93$; $f_a = 11,1$ kHz, $Z_{max}(\Omega) = 444,3$. Sau khôi phục: $f_r = 10,4$ kHz, $Z_{min}(\Omega) = 7,0$; $f_a = 11,1$ kHz, $Z_{max}(\Omega) = 542$. Nếu chọn tỷ số Z_{max}/Z_{min} để đánh giá, thì trước khôi phục tỷ số này là 55,6. Sau khôi phục, tỷ số này là 77,4. Như vậy, đặc tính cộng hưởng sau khi khôi phục tăng gần 40%.

2.2.2. Nghiên cứu khôi phục khối thu

Do cấu tạo của hộp cộng hưởng và sơ đồ nguyên lý đầu dây của thiết bị 1A, nên không thể phân cực trực tiếp nguyên hộp cộng hưởng hoặc nguyên thanh phát. Giải pháp duy nhất để khôi phục các biến từ của khối thu là bóc tách các bản gồm từ 240 hộp cộng hưởng của 24 thanh. Tổng số bản gồm áp điện là 960 bản. Các bản gồm được xử lý điện cực, phủ điện cực mới, phân cực lại và đóng gói vào hộp cộng hưởng.



Hình 8. Một dãy 10 hộp cộng hưởng được nối dây sau phân cực (trái) và gắn vào thanh kim loại Ti

Kết quả cho thấy biến tử thu sau khi phân cực lại có d_{33} đạt tới 1950C/N. Trước khi khôi phục, chỉ có 2/240 hộp có d_{33} đạt trên 1700 pC/N. Số còn lại có d_{33} nhỏ hơn 1500 pC/N.

Nhận xét giá trị d_{33} của 220 hộp trong 22 thanh (trước khi phân cực lại):

d_{33} (pC/N)	≥ 1700	≥ 1600	≥ 1500	≥ 1400	≥ 1300
Số hộp	2	23	76	106	13

- Với hộp tốt nhất ($T_3 - 246M\Omega$) có tỷ lệ 5/10 hộp có $d_{33} > 1600$ pC/N
- Hộp xấu ($T_6 - 130 M\Omega$) chỉ có tỷ lệ 2/10 hộp có $d_{33} > 1600$ pC/N

Sau khi phân cực và ghép lại (24 thanh)

d_{33} (pC/N)	≥ 1700	≥ 1600	≥ 1500	≥ 1400	≥ 1300
Số hộp	116	96	28	0	0

Bảng 1. Một số thông số của hộp cộng hưởng áp điện trước và sau khi phân cực lại

Trước phân cực		Sau phân cực	
Z_{min} (Ω)	Z_{max} (Ω)	Z_{min} (Ω)	Z_{max} (Ω)
947	1942	847	2209
Z_{max}/Z_{min}	2,05	Z_{max}/Z_{min}	2,61
	100%		127%

Như vậy, đặc tính cộng hưởng sau khi khôi phục tăng 27%.

Vấn đề quan trọng còn lại là ghép trở lại các hộp cộng hưởng sau khi khôi phục để mỗi thanh áp điện đóng góp vào độ nhạy và đặc tính hướng của toàn hệ Sona là tốt nhất. Trên cơ sở phân tích đặc tính định hướng của thiết bị thu, chúng tôi đã đưa ra được nguyên tắc sắp xếp 10 hộp cộng hưởng trong từng thanh (Do vấn đề yêu cầu bảo mật, chúng tôi không trình bày cách bố trí này). Tháng 5 năm 2018, toàn bộ tổ hợp anten của sô na nhúng VGS-3 đã được Viện kỹ thuật

Hải quân tiến hành đánh giá nghiệm thu. Kết quả cho thấy, hệ thống Sona do chúng tôi khôi phục hoàn toàn đáp ứng được cho nhu cầu sẵn sàng chiến đấu của Quân chủng.

4. KẾT LUẬN

Bằng các kỹ thuật phân tích thực nghiệm, đo phổ cộng hưởng áp điện, điện môi, sắt điện của các biến tử thu - phát. Đã giải mã được bí quyết công nghệ chế tạo các loại đầu dò phát, thu trong hệ thống sonar nhúng VGS-3. Trên cơ sở kết quả giải mã này, đã đưa ra được các giải pháp hợp lý khôi phục các biến tử gốm áp điện trong các đầu dò thu, phát. Bằng thiết bị, vật tư đặc chủng tự chế tạo như: hệ phân cực cao áp 0 - 40 kV, keo bạc dẫn, epoxy dẫn,... lần đầu tiên tại Việt Nam chúng tôi đã khôi phục được các cảm biến áp điện trong tổ hợp anten sonar nhúng VGS-3 trang bị cho Không quân - Hải quân

LỜI CẢM ƠN

Chúng tôi xin chân thành cảm ơn Lãnh đạo Viện kỹ thuật Hải quân - Quân chủng Hải quân, Lãnh đạo Trường đại học Khoa học - Đại học Huế, đã tạo mọi điều kiện thuận lợi cho chúng tôi thực hiện và hoàn thành tốt đề tài hợp tác “**Khôi phục các chấn tử gốm áp điện của anten sonar BFC-3**”.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. <http://tinvn.info/sat-thu-san-ngam-nguy-hiem-nhat-gioi-cua-viet-nam-tren-bien-dong.html>
- [2]. John L. Butler Charles H. Sherman (2016). “ Transducers as Hydrophones”, *Transducers and Arrays for Underwater Sound*, Springer.
- [3]. Leif Bjørnø (Editor) 2017. “Sonar Systems”, *Applied Underwater Acoustics*, Elsevier Inc.
- [4]. Nguyễn Văn Thịnh, Đỗ Phương Anh, Đỗ Việt Ôn, Trương Văn Chương, *Nghiên cứu chế tạo nguồn cao áp điều chỉnh 0 – 40 kV DC và ứng dụng*, Hội nghị Vật lý kỹ thuật và Ứng dụng Toàn quốc lần thứ V (CAEP 5). Tr.355, 2017.
- [5]. Trương Văn Chương, Ngô Ngọc Tuấn, Đỗ Việt Ôn, Nguyễn Văn Thịnh, *Nghiên cứu chế tạo vật liệu gốm áp điện mềm dẹt trong biến tử thủy âm*, Hội nghị Vật lý Chất rắn và Khoa học vật liệu Toàn quốc lần thứ X, 2017. Quyển 1. Tr.126-131.
- [6]. Đỗ Việt Ôn, Võ Thanh Tùng, Trương Văn Chương, *Nghiên cứu chế tạo gốm áp điện BaTiO₃ + x%kl LiBiO₂ thiêu kết ở nhiệt độ thấp*, Hội nghị Vật lý kỹ thuật và Ứng dụng Toàn quốc lần thứ V (CAEP 5). Tr.341, 2017.

Họ tên tác giả chính: Trương Văn Chương

Cơ quan công tác: Khoa Vật lý, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế

Địa chỉ email: truongvanchuong@yahoo.com

Số điện thoại liên hệ: 0914089703