



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẢNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11) 
1-0022253

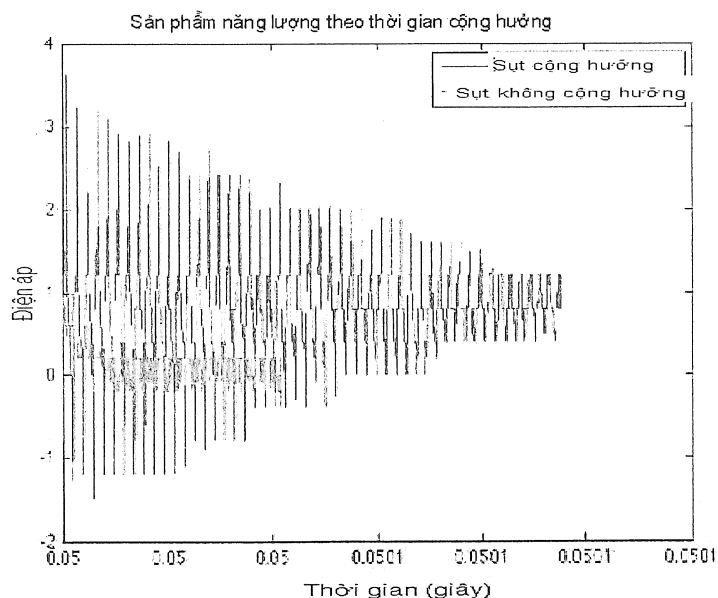
(51)⁷ B01J 2/045, H02N 2/06

(13) B

- | | | | | | |
|------|---|------------|------------|---------------|------------|
| (21) | 1-2014-04152 | (22) | 15.05.2013 | | |
| (86) | PCT/US2013/041208 | 15.05.2013 | (87) | WO2013/173495 | 21.11.2013 |
| (30) | 61/647,359 | 15.05.2012 | US | | |
| | 61/722,556 | 05.11.2012 | US | | |
| | 61/722,584 | 05.11.2012 | US | | |
| (45) | 25.11.2019 | 380 | (43) | 27.04.2015 | 325 |
| (73) | EYENOVIA, INC. (US)
c/o Point Guard Partners LLC, 400 N. Ashley St, Suite 2150, Tampa, FL 33602,
United States of America | | | | |
| (72) | WILKERSON, Jonathan Ryan (US), LYNCH, Iyam (US), PARROTT, Jeffrey (US),
HUNTER, Charles Eric (US) | | | | |
| (74) | Công ty Luật TNHH T&G (TGVN) | | | | |

(54) THIẾT BỊ VÀ HỆ THỐNG PHUN GIỌT NHỎ, PHƯƠNG PHÁP VẬN HÀNH CƠ CẤU PHUN GIỌT NHỎ

(57) Sáng chế đề cập đến cơ cấu phun áp điện, trong đó bộ truyền động áp điện được gắn vào cơ cấu phun, trong khi cơ cấu tạo tín hiệu dẫn động và bộ điều khiển được ghép cặp với bộ truyền động. Cơ cấu tạo tín hiệu dẫn động được tạo kết cấu để tạo tín hiệu dẫn động để dẫn động cơ cấu truyền động để làm dao động cơ cấu phun. Bộ điều khiển được tạo kết cấu để điều khiển cơ cấu tạo tín hiệu dẫn động để dẫn động cơ cấu truyền động ở tần số cộng hưởng của cơ cấu phun, và mạch điều chỉnh tự động được bố trí để xác định tần số tín hiệu dẫn động tối ưu.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Nhìn chung, sáng chế đề cập đến hệ thống, phương pháp và thiết bị thuộc lĩnh vực điện cơ. Cụ thể hơn, sáng chế đề cập đến hệ thống, phương pháp và thiết bị có thể được sử dụng để dẫn động, kiểm tra và điều khiển hệ thống phun tạo giọt nhỏ.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Bộ truyền động áp điện là các thành phần điện tử mà trải qua sự biến dạng cơ học khi điện áp được áp dụng ngang qua chúng. Dưới sự tác động của điện áp, kết cấu dạng tinh thể của vật liệu áp điện, ví dụ vật liệu gốm, bị tác động sao cho vật liệu áp điện sẽ thay đổi hình dạng. Ví dụ, nếu điện trường thay đổi được áp dụng vào vật liệu áp điện, thì nó sẽ dao động (co lại và duỗi ra) ở tần số của tín hiệu được áp dụng. Đặc tính này của các vật liệu áp điện có thể được khai thác để tạo ra bộ truyền động hữu hiệu – thành phần điện tử mà có thể được sử dụng để thay thế việc nạp tải cơ học. Do điện áp được áp dụng cho bộ truyền động áp điện, nên sự thay đổi thu được về hình dạng của vật liệu áp điện và kích cỡ thay thế việc nạp tải cơ học. Các tín hiệu điện tử được áp dụng cho bộ truyền động áp điện thường có mức độ đơn lẻ, nghĩa là tần số đơn hoặc dữ liệu đầu vào sóng vuông.

Trong một số kết cấu, khi tín hiệu dẫn động có điện áp đủ và tần số/các tần số thích hợp được áp dụng cho bộ truyền động áp điện, bộ truyền động áp điện có thể gây ra sự di chuyển theo cơ cấu nạp tải cơ học như chất lưu, sinh ra giọt chất lưu, mà có thể được phun như dòng giọt nhỏ. Trong khi sinh ra dòng giọt nhỏ được phun, cơ cấu dẫn động áp điện được cải thiện, hệ thống dẫn động và phương pháp dẫn động thường có thể mong muốn.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế đề xuất thiết bị phun giọt nhỏ và phương pháp dẫn động thiết bị này. Thiết bị phun giọt nhỏ có thể bao gồm cơ cấu truyền động được kết hợp với tấm tạo giọt

nhỏ để tạo ra cơ cấu phun, và cơ cấu dẫn động và mạch hồi tiếp. Tấm tạo giọt nhỏ có thể bao gồm nhiều phần mở nối thông về mặt chất lưu với bình chứa chất lưu, được nạp chất lưu. Mạch dẫn động giao tiếp tín hiệu với cơ cấu truyền động, và được tạo kết cấu để dẫn động cơ cấu truyền động dựa trên dạng sóng dẫn động. Mạch hồi tiếp giao tiếp tín hiệu với cơ cấu truyền động và mạch dẫn động, và được tạo kết cấu để xác định thời gian giãn dựa trên tín hiệu hồi tiếp cho biết sự dao động của tấm tạo giọt nhỏ được nạp chất lưu. Dạng sóng dẫn động bao gồm trình tự dẫn động thứ nhất được tách biệt với trình tự dẫn động thứ hai theo khoảng thời gian phục hồi dựa trên thời gian phục hồi của tấm tạo giọt nhỏ được nạp chất lưu và cơ cấu truyền động.

Hơn nữa, sáng chế còn đề xuất mạch dẫn động và tín hiệu dẫn động hoặc dạng sóng dẫn động đối với thiết bị phun áp điện hoặc cơ cấu tạo giọt nhỏ mà có thể được bao gồm trong thiết bị áp điện.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 thể hiện hình chiếu mặt cắt ngang của một phương án về cơ cấu phun của sáng chế.

Fig.2A và Fig.2B là hình chiếu mặt cắt ngang của một phương án về tấm phun được hoạt hóa dùng cho cơ cấu phun của sáng chế.

Fig.3A là hình vẽ dạng giản lược của một phương án về cơ cấu phun đối với cơ cấu phun, của sáng chế theo kết cấu đối xứng.

Fig.3B là hình vẽ chi tiết rời của phương án của cơ cấu phun đối xứng của sáng chế.

Fig.3C là hình chiếu bằng của phương án của cơ cấu phun đối xứng của sáng chế.

Fig.4 là hình vẽ mặt cắt ngang qua một phần của một phương án của cơ cấu phun theo sáng chế.

Fig.5 là sơ đồ khối của một phương án của hệ dẫn động và điều khiển bộ truyền động áp điện theo sáng chế.

Fig.6 là sơ đồ mạch giản lược của bộ chuyển độ tăng thế được biến đổi của sáng chế.

Fig.7 là sơ đồ mạch giản lược của một phương án của bộ chuyển đổi tăng thế được biến đổi của sáng chế được sử dụng để chuyển đổi điện áp của ắc quy từ 2 thành 3 vôn đến cao như đầu ra 60V để dẫn động cầu đầy đủ và/hoặc bộ chuyển độ cộng hưởng.

Fig.8 là sơ đồ mạch giản lược của một phương án về việc dẫn động bộ chuyển đổi cộng hưởng của sáng chế.

Fig.9 là sơ đồ khối của một phương án về cơ cấu dẫn động của sáng chế sử dụng bộ chuyển đổi tăng thế.

Fig.10 là sơ đồ khối của một phương án của cơ cấu dẫn động đa âm thanh và mạch phát hiện và điều khiển cộng hưởng theo sáng chế.

Fig.11 thể hiện đầu ra điện áp thay đổi theo thời gian của một phương án về cơ cấu dẫn động hai âm thanh theo sáng chế.

Fig.12 là sơ đồ khối của phương án khác của cơ cấu dẫn động đa âm thanh và mạch phát hiện và điều khiển cộng hưởng theo sáng chế.

Fig.13 là sơ đồ khối của phương án khác nữa của cơ cấu dẫn động đa âm thanh và mạch phát hiện và điều khiển cộng hưởng theo sáng chế.

Fig.14 là sơ đồ khối của phương án khác nữa của cơ cấu dẫn động đa âm thanh và mạch phát hiện và điều khiển cộng hưởng theo sáng chế.

Fig.15 là sơ đồ mạch giản lược của một phương án của cơ cấu dẫn động theo sáng chế.

Fig.16 là sơ đồ khối của phương án khác nữa của cơ cấu dẫn động đa âm thanh và mạch phát hiện và điều khiển cộng hưởng theo sáng chế.

Fig.17 là biểu đồ mạch của một phương án của mạch cầu đầy đủ với mạch đo TEP.

Fig.18 là hình vẽ phóng to của phần đo TEP của mạch trên Fig.17.

Fig.19 là biểu đồ dạng sóng điện áp với thời gian thể hiện sự sụt cộng hưởng và không cộng hưởng.

Fig.20 là lưu đồ minh họa một phương án của phương pháp xác định sự cộng hưởng của cơ cấu điện cơ.

Fig.21 là lưu đồ minh họa phương án khác của phương pháp xác định sự cộng hưởng của cơ cấu điện cơ.

Fig.22 thể hiện biểu đồ dạng sóng mẫu (biên độ với tần số) của tín hiệu được tích hợp của một phương án của cơ cấu theo sáng chế.

Fig.23 thể hiện biểu đồ dạng sóng mẫu (biên độ với tần số) của tín hiệu được tích hợp của phương án khác của cơ cấu theo sáng chế.

Fig.24 là sơ đồ khối của phương án khác của cơ cấu dẫn động và mạch phát hiện và điều khiển cộng hưởng theo sáng chế.

Fig.25 là sơ đồ khối của phương án khác nữa của cơ cấu dẫn động và mạch phát hiện và điều khiển cộng hưởng theo sáng chế.

Fig.26 là sơ đồ khối của phương án khác nữa của cơ cấu dẫn động và mạch phát hiện và điều khiển cộng hưởng theo sáng chế.

Fig.27 là sơ đồ khối của một phương án về mạch phát hiện cộng hưởng TEP.

Fig.28 là sơ đồ khối của một phương án về dòng chảy đối với mạch phát hiện và điều khiển cộng hưởng theo sáng chế.

Fig.29 thể hiện tín hiệu dẫn động và tín hiệu phát hiện cộng hưởng và tín hiệu mạch điều khiển theo một phương án của sáng chế.

Fig.30 là sơ đồ mạch giản lược của một phương án của cơ cấu chuyển dịch mức để lấy đầu ra cơ cấu tạo dạng sóng bù để dẫn động mức cần thiết đối với sự vận hành cầu đầy đủ theo sáng chế.

Fig.31 là biểu đồ dạng sóng lắng đọng khối với tần số đối với một phương án của sáng chế.

Fig.32 là biểu đồ điện áp được tích hợp với tần số đối với dữ liệu đầu ra đo cộng hưởng theo một phương án của sáng chế.

Fig.33 là sơ đồ mạch giản lược của một phương án của mạch tăng thế của cơ cấu dao động tạo cổng đối với hệ dẫn động.

Fig.34A là sơ đồ của dạng sóng giãn của chất lưu lấy làm ví dụ.

Fig.34B là hình vẽ phóng to của dạng sóng giãn của chất lưu trên Fig.34A.

Các hình vẽ từ Fig.35A đến Fig.35D là các biểu đồ của các ví dụ về dạng sóng giãn theo vòng tròn.

Fig.36 là biểu đồ về dạng sóng giãn tiếp theo việc loại bỏ tín hiệu dẫn động.

Fig.37 là biểu đồ về dạng sóng giãn tiếp theo việc giảm nhẹ tín hiệu dẫn động.

Fig.38A là biểu đồ về dạng sóng giãn sau năm vòng kích thích, thể hiện việc tạo ra họa âm (“âm thanh nhỏ”) của tín hiệu giảm theo vòng tròn.

Fig.38B là hình vẽ phóng to của dạng sóng giãn trên Fig.38A.

Fig.39A là biểu đồ về dạng sóng giãn của chất lưu sau mười vòng kích thích bằng tín hiệu giảm bổ sung, thể hiện thời gian giãn giảm và tạo ra họa âm.

Fig.39B là hình vẽ phóng to của dạng sóng giãn trên Fig.39A.

Fig.40 là biểu đồ về dạng sóng giãn sau mười vòng kích thích sóng vuông, với tín hiệu giảm.

Fig.41 là biểu đồ về dạng sóng giãn mà không có tín hiệu giảm.

Fig.42 là biểu đồ về dạng sóng giãn sau hai trong số mười chu kỳ sóng vuông dẫn động với tín hiệu giảm và thời gian chết giãn.

Fig.43 là sơ đồ khối của một phương án về cơ cấu tạo tín hiệu dẫn động.

Fig.44 là sơ đồ mạch giản lược của một phương án về mạch dịch chuyển mức.

Fig.45 là sơ đồ mạch giản lược của một phương án về mạch phát hiện thể tích IR.

Fig.46 là sơ đồ mạch giản lược của một phương án về bơm nạp 2X.

Fig.47 là sơ đồ mạch giản lược của một phương án về hai bộ chuyển đổi tăng thế hoạt động như bơm nạp và cơ cấu dẫn động áp điện, theo sáng chế.

Fig.48 là sơ đồ mạch giản lược của một phương án của bộ vi điều khiển của sáng chế.

Fig.49 thể hiện biểu đồ mạch của một phương án về tập các bộ dịch chuyển mức dẫn động cầu đầy đủ được nạp mạch cộng hưởng (bao gồm áp điện).

Fig.50 thể hiện một phương án về thiết bị kéo xuống/giọt nhỏ TEP trên mạch kéo xuống theo yêu cầu.

Mô tả chi tiết sáng chế

Nói chung, sáng chế đề cập đến thiết bị phun và phương pháp sử dụng chúng trong việc phân phối chất lưu. Cụ thể là, sáng chế đề cập đến thiết bị phun và phương pháp hữu ích trong việc phân phối chất lưu dùng cho mắt, khu trú, qua đường miệng, đường mũi hoặc qua phổi, bao gồm việc phân phối chất lưu dùng cho mắt vào mắt. Trong giọt nhỏ đối với các thao tác yêu cầu, một hoặc nhiều giọt chất lưu có thể được phun ở thời gian đã nêu, bằng cách sử dụng hệ thống và phương pháp được mô tả trong bản mô tả này để đạt được sự dịch chuyển cơ cấu phun và tốc độ cần để phân phối chất lưu ở dạng giọt nhỏ, với tốc độ truyền khối lượng mong muốn và lượng chất lưu mong muốn và với việc lắng đọng giọt giảm và sự nghẽn cơ cấu phun giảm.

Bằng cách mô tả, trong hệ thống tạo và phun giọt nhỏ thể tích lớn, chất lưu có thể tạo hạt trên bề mặt của cơ cấu phun, làm bít kín phần mở tạo giọt nhỏ và làm giảm việc truyền khối lượng, đôi khi trong khoảng thời gian đến vài giây hoặc thậm chí vài phút. Do đó, chất lưu tạo hạt và các tác động có liên quan có thể làm cho nó khó tạo ra tốc độ phun chất lưu cần thiết trong toàn bộ mẫu của phần mở hoặc vòi của cơ cấu phun. Các thử thách này là đặc biệt có liên quan khi vận hành theo phương thức tốc độ thấp hoặc hình dạng dao động riêng không mong muốn. Các hình dạng dao động riêng hoặc phương thức thông thường của hệ dao động là các mẫu dao động hoặc di chuyển trong đó tất cả các phần của hệ thống di chuyển theo hình sin với cùng tần số và với sự liên quan pha cố định. Sự di chuyển được mô tả bởi phương thức thông thường được gọi là cộng hưởng. Các tần số của các phương thức thông thường của hệ thống là đã được biết đến như tần số tự nhiên của nó hoặc tần số cộng hưởng. Đối tượng vật lý, như tòa nhà, cầu hoặc phân tử hoặc như trong trường hợp này, cơ cấu phun chất lưu, có tập phương thức thông thường mà phụ thuộc vào kết cấu, vật liệu và các điều kiện biên của nó. Chất

lưu được phun cũng có thể tạo ra màng bay hơi trên bề mặt cơ cấu phun, mà hầu như có thể làm giảm hiệu suất của cơ cấu phun.

Theo một số phương án, thiết bị phun bao gồm cơ cấu phun (ví dụ, tấm phun và tấm tạo giọt nhỏ được ghép cặp với cơ cấu truyền động), mà tạo ra dòng giọt nhỏ chất lưu được định hướng, và cơ cấu cấp chất lưu để nạp vào cơ cấu phun. Để dễ dàng tham chiếu, tổ hợp của cơ cấu phun và cơ cấu cấp chất lưu sẽ được đề cập trong bản mô tả này là cơ cấu phun. Chất lưu thích hợp bao gồm, nhưng không hạn chế, dung dịch, huyền phù và nhũ tương, mà có độ nhớt nằm trong khoảng có khả năng hình thành giọt nhỏ bằng cách sử dụng cơ cấu phun. Các chất lưu thích hợp cũng bao gồm, nhưng không hạn chế, chất lưu chứa được phẩm và sản phẩm thuốc.

Để đạt được việc lắng đọng giọt nhỏ chất lưu với hệ tạo và phun giọt nhỏ thể tích lớn, việc phun chất lưu liên tục qua việc phun tia có thể được sử dụng. Việc phun tia liên tục cho phép sự lắng đọng khối thể tích chất lưu lớn hơn (ví dụ, khoảng từ 0,5 đến 30uL) bằng việc phát sinh và phun số lượng lớn giọt nhỏ.

Tuy nhiên, việc phun dòng chất lưu theo phương thức liên tục có thể dẫn đến việc tạo hạt do các tia hỗn loạn, việc giữ lại giọt nhỏ vệ tinh và các tác dụng nạp điện tích gây ra và ma sát, trong số các yếu tố khác. Một khi được tạo ra, hạt chất lưu được định vị qua phần mở cơ cấu phun có thể lớn hơn, ví dụ là kết quả của tác dụng bơm, cuối cùng là làm ướt bề mặt bên ngoài của phần mở cơ cấu phun, ví dụ do lực hấp dẫn Coulomb hoặc sự di chuyển cơ học. Ngoài động lượng của cơ cấu phun dao động, tự bản thân chất lưu cũng bổ sung thêm động lượng, mà có thể tạo ra trong phương thức phun liên tục hoặc khi thời gian phục hồi đủ được tạo ra giữa các khoảng thời gian dao động và phun, như được mô tả dưới đây.

Do đó, theo sáng chế, các kỹ thuật tạo và phun giọt nhỏ được cải thiện như được đề xuất để dẫn động bộ truyền động áp điện (hoặc cơ cấu truyền động khác) để làm giảm, giảm thiểu hoặc loại trừ việc tạo hạt chất lưu trên bề mặt của cơ cấu phun và trên toàn bộ phần mở của cơ cấu phun. Phần mô tả cũng đề xuất các kỹ thuật tạo và phun giọt nhỏ được cải thiện mà ngăn chặn hoặc ngăn ngừa sự hình thành màng chất lưu được phun chưa hoàn thành trên bề mặt của cơ cấu phun và trên các thành phần khác cần để duy trì hiệu suất trong toàn bộ thời gian sử dụng được kéo dài.

Các kỹ thuật khác nhau làm dừng hoặc làm giảm sự tạo ra động lượng chất lưu trong thời gian vận hành phun liên tiếp được bộc lộ, để ngăn chặn hoặc ngăn ngừa việc tạo hạt qua việc xác định thời gian tín hiệu dẫn động điện và sự triệt tiêu năng lượng áp điện hoặc sự làm giảm hoạt động. Các kỹ thuật này có khả năng áp dụng cho khoảng các loại tín hiệu dẫn động thích hợp, bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở, các tín hiệu dẫn động hình sin, hình vuông, dốc, tiếng kêu, được điều biến biên độ và được điều biến tần số và các dạng sóng và các tổ hợp của các dạng sóng này.

Theo các phương án về các kỹ thuật này, các giọt nhỏ có thể được tạo ra từ chất lưu được chứa trong bình chứa được kết hợp với cơ cấu phun. Cơ cấu phun và bình chứa có thể dùng một lần hoặc dùng lại được và các thành phần có thể được đóng gói trong hộp bao của thiết bị phun, như các cơ cấu được mô tả trong các đơn sáng chế của Mỹ số 61/569,739, 61/636,559, 61/636,565, 61/636,568, 61/642,838, 61/642,867, 61/643,150 và 61/584,060, và trong các đơn công bố sáng chế của Mỹ số 13/184,446, 13/184,468 và 13/184,484, nội dung của chúng được kết hợp trong bản mô tả này nhằm tham khảo.

Đề cập đến Fig.1, ví dụ, cơ cấu phun 100 có thể bao gồm cơ cấu phun 101 và bình chứa 120. Cơ cấu phun 101 có thể bao gồm cơ cấu tấm dao động với tấm phun 102 được tạo ra liền khối với phần tấm tạo được định tâm mà bao gồm các phần mở phun 126, như trong phương án này hoặc tấm phun 102 có thể được kết hợp với tấm tạo riêng biệt, mà có thể được hoạt hóa bởi bộ truyền động áp điện 104 mà tạo ra một phần cơ cấu phun. Để tiện lợi, cả hai phương án sẽ được đề cập có cơ cấu tạo giọt nhỏ 132. Cơ cấu truyền động 104 dao động hoặc theo cách khác thay thế tấm phun 102 để phân phối chất lưu 110 từ bình chứa 120, như giọt nhỏ đơn lẻ 112 (giọt nhỏ theo yêu cầu) từ một hoặc nhiều phần mở 126 hoặc như dòng giọt nhỏ 112 được phun từ một hoặc nhiều phần mở 126, dọc theo hướng 114.

Theo một số ứng dụng, chất lưu dùng cho mắt có thể được phun về phía mắt 116, ví dụ của người trưởng thành hoặc trẻ nhỏ hoặc động vật. Chất lưu có thể chứa chất dùng trong dược phẩm để điều trị sự không thoải mái, tình trạng bệnh hoặc bệnh của con người hoặc động vật, ở mắt hoặc trên bề mặt da hoặc trong mũi hoặc áp dụng trong phổi.

Sự định vị gắn kết của cơ cấu truyền động 104 vào tấm phun 102 cũng có thể tác động đến sự vận hành của cơ cấu phun 100, và tạo ra các giọt nhỏ đơn lẻ hoặc dòng của nó. Tham chiếu đến Fig.1, ví dụ, cơ cấu truyền động 104 (hoặc nhiều thành phần cơ cấu truyền động đơn lẻ 104) có thể được kết hợp với vùng ngoại vi của tấm phun 102, trên bề mặt 122 đối diện với bình chứa 120.

Vùng trung tâm 130 của tấm phun 102, theo phương án này, bao gồm vùng phun 132 với một hoặc nhiều phần mở 126, mà qua đó chất lưu 110 đi qua để tạo ra giọt nhỏ 112. Vùng phun (hoặc cơ cấu tạo giọt nhỏ) 132 có thể chiếm giữ phần của vùng trung tâm 130, ví dụ trung tâm hoặc mẫu lỗ phun của vùng phun 132 có thể chiếm giữ hầu như toàn bộ diện tích của vùng trung tâm 130. Hơn nữa, đầu mở 138 của bình chứa có thể hầu như tương ứng với kích cỡ của vùng phun 132, hoặc theo phương án này, vùng mở 138 có thể là lớn hơn vùng phun 132.

Như được thể hiện trên Fig.1, tấm phun 102 được bố trí qua hoặc nối thông về mặt chất lưu với đầu mở 138 của bình chứa 120, chứa chất lưu 110. Ví dụ, bình chứa 120 có thể được kết hợp với tấm phun 102 dọc theo vùng ngoại vi 146 của bề mặt chính thứ nhất 125, bằng cách sử dụng phần bịt kín thích hợp hoặc kết hợp như vòng tròn 148a được bố trí trong rãnh được tạo ra trong thành bình chứa 150. Phần 144 của vỏ bọc bình chứa cũng có thể được bố trí ở dạng ruột bóng gấp lại được. Tuy nhiên, sáng chế không bị giới hạn, và dạng ruột bóng hoặc bình chứa thích hợp bất kỳ có thể được sử dụng.

Khi điện áp được áp dụng vào các điện cực 106a và 106b trên các bề mặt đối diện 136 và 134 của cơ cấu truyền động 104, tấm phun 102 bị lệch để làm thay đổi hình dạng tương đối lõm 170 hoặc hình dạng tương đối lồi hơn 172, như được thể hiện trên Fig.2A và Fig.2B, lần lượt phụ thuộc vào tính phân cực của điện áp.

Khi được dẫn động bởi điện áp khác, cơ cấu truyền động 104 vận hành để đảo theo cách khác hình dạng lồi và lõm 170 và 172 của tấm phun 102, bao gồm sự di chuyển tuần hoàn (dao động) của tấm phun 102. Các giọt nhỏ 112 được tạo ra ở kẽ hở hoặc phần mở 126, như được mô tả trên đây, với sự di chuyển dao động của vùng phun 132 làm cho một hoặc nhiều giọt nhỏ 112 được phun dọc theo hướng phân phối chất lưu (phun) 114, ví dụ trong việc áp dụng giọt nhỏ đơn lẻ (giọt nhỏ theo yêu cầu) hoặc như dòng giọt nhỏ.

Điện áp và tần số dẫn động có thể được chọn dùng cho hiệu suất được cải thiện của cơ cấu phun, như được mô tả trên đây. Theo một số phương án, tần số dao động của cơ cấu truyền động 104 có thể được chọn ở hoặc gần tần số cộng hưởng của tấm phun 102, hoặc ở một hoặc nhiều tần số được chọn để làm dao động tấm phun 102 ở sự cộng hưởng qua sự chồng lấn, giao thoa hoặc kết hợp cộng hưởng.

Khi được vận hành ở hoặc gần tần số cộng hưởng, tấm phun 102 có thể khuếch đại sự dịch chuyển của vùng phun (cơ cấu tạo giọt nhỏ) 132, làm giảm các yêu cầu về điện tương đối của cơ cấu truyền động, như được so với mô hình kết hợp trực tiếp. Chi tiết giảm của hệ thống cộng hưởng, bao gồm cơ cấu truyền động 104, tấm phun 102 và cơ cấu tạo giọt nhỏ được làm đầy chất lưu bất kỳ, cũng có thể được chọn là lớn hơn điện đầu vào của bộ truyền động áp điện, để làm giảm tính mỏi và làm tăng tuổi thọ.

Các ví dụ về cơ cấu phun là được minh họa trong đơn sáng chế của Mỹ số 61/569,739, với tên sáng chế “Cơ cấu phun, thiết bị phun, và phương pháp sử dụng cơ cấu này,” được nộp ngày 12 tháng 12 năm 2011. Theo một phương án cụ thể, cơ cấu phun 100 có thể bao gồm tấm phun đối xứng quay 102 được kết hợp với cơ cấu truyền động hình khuyên 104, ví dụ như được thể hiện trên Fig.3A, và được mô tả trong đơn sáng chế của Mỹ số 61/636,565, “Cơ cấu phun không dẫn đối xứng tâm, thiết bị phun, và phương pháp sử dụng” được nộp ngày 20 tháng 4 năm 2012.

Trong kết cấu cụ thể của Fig.3A, cơ cấu phun 300 bao gồm tấm phun riêng biệt 301 được gắn vào tấm phun 302. Cơ cấu truyền động 304 phối hợp một hoặc nhiều thiết bị áp điện riêng rẽ hoặc các thành phần cơ cấu truyền động khác, như được mô tả trên đây, để dẫn động tấm phun đối xứng quay 302, nhưng theo phương án này bao gồm kết cấu hình khuyên. Vùng tạo giọt nhỏ (phun) 332 của tấm phun 302 bao gồm mẫu phần mở 326 trong vùng trung tâm 330, và được dẫn động qua cơ cấu truyền động 304 bằng các phương tiện mạch cơ cấu tạo tín hiệu dẫn động như được mô tả trên đây. Các ví dụ về các kỹ thuật để tạo điện áp dẫn động như được minh họa trong đơn sáng chế của Mỹ số 61/647,359, “Phương pháp, thiết bị và mạch dùng cho thiết bị phun và hệ thống”, được nộp ngày 15 tháng 5 năm 2012.

Fig.3B là hình vẽ chi tiết rời của cơ cấu phun đối xứng 300. Theo phương án này, tấm phun 302 sử dụng chi tiết tạo giọt nhỏ rời rạc (riêng biệt) (vùng phun) 301, như được

thể hiện ở phía bên trái và bên phải của Fig.3B lần lượt từ bề mặt sau (hướng xuống dưới) 325 và phía trước (hướng lên trên) 322. Chi tiết tạo giọt nhỏ 301 được ghép cặp theo cách cơ học vào tấm phun 302 qua khe hở trung tâm 352, và bao gồm mẫu phần mở 326 được tạo kết cấu để sinh ra dòng giọt chất lưu khi được dẫn động bởi cơ cấu truyền động loại tấm tạo 304, như được mô tả trên đây.

Fig.3C là hình chiếu bằng của cơ cấu phun đối xứng 300. Cơ cấu phun 300 bao gồm tấm phun 302, mà ở đó được gắn cơ cấu truyền động 304 và cơ cấu tạo giọt nhỏ 301. Cơ cấu tạo giọt nhỏ bao gồm mẫu phần mở 326 ở vùng trung tâm 330, như được mô tả trên đây. Cơ cấu phun 300 có thể được ghép cặp với bình chứa chất lưu hoặc thành phần thiết bị phun khác qua khe hở 351 trong các chi tiết kết hợp cơ học loại bằng được bố trí đối xứng 355 hoặc bằng cách sử dụng phần nối thích hợp khác như được mô tả trên đây trên Fig.1.

Như được thể hiện trên Fig.3C, tấm phun 302 có thể có kích thước 354 bằng 21mm, hoặc nằm trong khoảng 10mm hoặc nhỏ hơn đến khoảng 25mm hoặc lớn hơn, phụ thuộc vào việc ứng dụng. Các vật liệu thích hợp dùng cho tấm phun 302 và cơ cấu tạo giọt nhỏ 301 bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở, ứng suất linh hoạt và kim loại chịu mỏi như thép không gỉ.

Đối với mục đích định hướng, các chi tiết khác của cơ cấu phun 300 như được thể hiện trên các hình vẽ từ Fig.3A đến Fig.3C có thể được mô tả tương đối với vị trí của bình chứa như bình chứa 320 được mô tả trên đây trên Fig.1. Nói chung, yếu tố đầu gần của cơ cấu 300 được định vị gần với bình chứa chất lưu 120 (Fig.1) và chi tiết đầu xa được định vị xa hơn với bình chứa chất lưu 120 như được xác định dọc theo dòng hoặc hướng phun 114.

Theo phương án cụ thể trên Fig.4, cơ cấu phun 400 bao gồm cơ cấu phun 400 mà bao gồm tấm phun dao động 402 với bề mặt chính thứ nhất (đầu gần) 425 liền kề với bình chứa chất lưu 420 và bề mặt chính thứ hai (đầu xa) 422 đối diện với bình chứa chất lưu 420. Bộ truyền động áp điện 404, theo phương án này, được tạo ra như chi tiết đầu xa, với bình chứa 420 được gắn với bề mặt đầu gần 425 của tấm dao động 402. Theo cách khác, cơ cấu truyền động 404 có thể được kết hợp với tấm phun 402 trên bề mặt đầu xa 425 xung quanh bình chứa 420.

Các bề mặt đầu gần và đầu xa 436 và 434 của cơ cấu truyền động 404 được bố trí với các lớp dẫn điện 460, ví dụ để tạo ra các điện cực đáy và đỉnh 106a và 106b (Fig.1) đối với tín hiệu dẫn động, như được mô tả trên đây. Như được thể hiện trên Fig.4, lớp dẫn điện 460 trên bề mặt đầu gần 436 của cơ cấu truyền động 404 được tách biệt với bề mặt đầu xa hoặc bên 422 của tấm phun 402 bởi lớp điện môi 462, cho phép tấm phun 402 dao động được nối đất và được cách điện với lớp dẫn điện 460 của cơ cấu truyền động 404. Trên phía đầu xa 434 của cơ cấu truyền động, lớp điện môi bổ sung 462 có thể được bố trí với khoảng trống, lớp kim loại hóa 461 từ lớp dẫn điện phía trên (hoặc điện cực dẫn động) 460. Lớp này cách điện với lớp kim loại hóa 461 cho phép lớp kim loại hóa hoạt động như điện cực cách điện đối với các phép đo EMF lùi (lực điện động) theo một số phương án của sáng chế. Theo các phương án khác, việc tiếp xúc tách biệt đối với biện pháp đo EMF lùi có thể được loại trừ bằng cách sử dụng mức điện áp trên các điện cực 106a, 106b như được mô tả tiếp dưới đây.

Như được thể hiện trên Fig.4, tấm phun dao động 402 được định vị nổi thông về mặt chất lưu với bình chứa 420, và bề mặt hoặc phía đầu gần 425 tiếp xúc với chất lưu 410. Lớp phủ bổ sung 463 có thể được tạo ra trên các bề mặt để lộ (phía trên và phía bên) của cơ cấu truyền động 404, và có thể bao gồm ít nhất một phần bề mặt đầu xa 422 của tấm phun 402, để ngăn ngừa sự tiếp xúc giữa cơ cấu truyền động 404 và chất lưu bất kỳ 410 được phun từ bình chứa 420. Theo một số phương án, một hoặc cả hai trong số các tấm phun 402 và tấm tạo (hoặc vùng phun) 432 cũng có thể được phủ với vật liệu trơ, loại dùng trong y tế, không độc, không phản ứng và vật liệu chịu axit, bazơ và dung môi 465 tùy ý, hoặc vật liệu khác có tổ hợp của các đặc tính này thích hợp.

Các lớp phủ 463 và 465 có thể là giống nhau hoặc khác nhau và được áp dụng theo cách riêng rẽ hoặc trong tổ hợp bất kỳ, ví dụ bằng cách thổi, lắng đọng bay hơi, lắng đọng bay hơi vật lý (PAD), lắng đọng bay hơi hóa học (COD), lắng đọng tĩnh điện hoặc tổ hợp thích hợp bất kỳ của các kỹ thuật này. Các lớp phủ 463 và 465 có thể bao gồm các vật liệu polyme như polypropylen, nylon, và polyetylen mật độ cao (HDPE), TEFLON® và các lớp phủ thích hợp khác và vật liệu phủ kim loại, nhưng không giới hạn ở, vàng, platin và paladi. Các lớp phủ 463 và 465 có thể được chọn để dính bám một cách đầy đủ để ngăn ngừa sự phân lớp khi dao động ở tần số cao, như được áp dụng cho tổ hợp bất kỳ

của các bề mặt của tấm phun dao động 402, tấm tạo 432 và cơ cấu truyền động 404, một cách riêng rẽ hoặc cùng với nhau, trong khoảng độ dày khoảng từ 0,1 μ m hoặc nhỏ hơn đến khoảng 500 μ m hoặc lớn hơn.

Để dẫn động cơ cấu truyền động của cơ cấu áp điện, tín hiệu dẫn động hoặc dạng sóng dẫn động cần được sinh ra bởi mạch dẫn động. Để tạo ra tín hiệu dẫn động, nhiều yếu tố được xét đến theo sáng chế. Cụ thể là, nhiều chi tiết có thể tác động đến tốc độ của việc nạp tải cơ học được thay thế, bao gồm tần số tín hiệu dẫn động và biên độ như yếu tố chất lượng của tính cộng hưởng cơ học ở tần số này. Khi tần số tín hiệu dẫn động, biên độ hoặc cả hai được gia tăng, tốc độ khác của việc nạp tải cơ học tăng. Tuy nhiên, các tần số vận hành cao hơn, trong khi tốc độ khác tăng, cũng có điện trung bình ở mức cao hơn. Điện bổ sung được đòi hỏi để vận hành ở các tần số cao có thể không mong muốn trong một số ứng dụng. Các vật liệu áp điện và thiết bị dẫn động áp điện thể hiện các vùng cộng hưởng trong đó việc truyền động cơ học trở nên được tăng tối đa. Thường mong muốn tạo ra tín hiệu truyền động điện ở các tần số này để làm cho sự dịch chuyển tối đa của chi tiết áp điện hoặc cơ cấu áp điện (ví dụ, chi tiết áp điện được ghép cặp với việc nạp tải như tấm phun và tấm tạo được làm đầy bằng chất lưu) sử dụng ít nhất lượng điện năng có thể có. Tuy nhiên, khi cộng hưởng, các thiết bị áp điện trở thành điện trở hoàn toàn hoặc riêng phần, làm tan một lượng lớn năng lượng trong áp điện. Chúng cũng bị mất các đặc tính làm tan năng lượng có lợi của việc vận hành theo cách điện dung và làm giảm hiệu quả của chúng trong các mạch chuyển đổi cộng hưởng. Do đó, vẫn có nhu cầu đối với các thiết bị được cải thiện, phương pháp và hệ thống được cải thiện như được mô tả trong bản mô tả này, mà tạo ra sự dịch chuyển tối đa hoặc tốc độ khác của việc nạp tải cơ học được kết hợp với bộ truyền động áp điện, trong khi làm tăng một cách đồng thời hiệu quả năng lượng của hệ thống. Điều này là đặc biệt quan trọng trong hệ thống được vận hành bằng ắc quy trong đó điện sẵn có có thể bị giới hạn. Theo sáng chế, cơ cấu phun được làm đầy chất lưu được xử lý như màng với phương thức màng dao động khác với tự bản thân áp điện. Trong khi tính cộng hưởng của áp điện là tần số với sự di chuyển cao nhất/điện dẫn động cơ học của tự bản thân vật liệu gốm, có các phương thức màng mà không được dựa trên sự cộng hưởng chính vật liệu gốm/áp điện. Áp điện đơn giản tạo ra chức năng cưỡng bức và việc tổn thất di động càng giảm màng di chuyển càng cao. Khi hệ thống được dẫn động theo một trong số các phương thức màng này, thì

áp điện có thể gần với tụ điện đầy đủ cho phép sự khuếch đại Q ở mức cao của điện áp hoặc dòng điện đầu vào với áp điện như tụ điện. Điều này làm giảm sự tiêu thụ năng lượng lớn và cho phép sự phân phối điện áp và dòng điện ở mức cao hơn rất nhiều cho thiết bị, mà không gia nhiệt áp điện.

Ngoài ra, nhiều chi tiết có thể thay đổi các đặc tính cộng hưởng và đặc tính điện của thiết bị áp điện, như tín hiệu dẫn động được áp dụng cho áp điện, cơ cấu nạp tải cơ học được ghép cặp với áp điện hoặc thậm chí với nhiệt độ môi trường, áp suất và độ ẩm xung quanh áp điện. Áp điện ban đầu được dẫn động để vận hành ở tần số cộng hưởng có thể bị lệch ra ngoài cộng hưởng bởi vì một hoặc nhiều trong số các chi tiết này, mà làm cho sự vận hành của áp điện ít hữu hiệu và làm giảm một cách hiệu lực sự dịch chuyển của cơ cấu nạp tải cơ học. Do đó, vẫn có nhu cầu đối với các thiết bị, phương pháp và hệ thống, như được mô tả trong bản mô tả này, mà có thể phát hiện sự cộng hưởng của hệ điện cơ bao gồm bộ truyền động áp điện và cơ cấu nạp tải cơ học được kết hợp của chúng và khi các hệ thống này vận hành không lâu hơn theo phương thức cộng hưởng, để tạo ra hoạt động hiệu chỉnh để mang bộ truyền động áp điện và/hoặc cơ cấu nạp tải cơ học trở lại sự cộng hưởng.

Theo sáng chế, sáng chế đề xuất phương pháp và mạch để tạo vết sự dịch chuyển tối đa, hoặc các phương thức cộng hưởng, để bù đối với nhiệt độ, độ ẩm và sự thay đổi áp suất và các dung sai sản xuất. Hơn nữa, việc tạo vết cộng hưởng không sử dụng điện cực hồi tiếp cách điện được mô tả trong bản mô tả này, mà sử dụng điện cực của cơ cấu truyền động như một phần của phần hồi tiếp của hệ cộng hưởng. Bằng cách loại trừ việc phun điện cực hồi tiếp cách điện được gia tăng một cách đáng kể ít nhất từ 10 đến 50% phụ thuộc vào thiết bị. Theo một phương án, kỹ thuật này được sử dụng với mạch cầu đầy đủ và yếu tố Q quét với các mạch chuyển đổi cộng hưởng như được mô tả chi tiết hơn dưới đây.

Theo một số phương án của sáng chế, các phương tiện được bố trí để kích thích, phát hiện và mô tả đặc điểm cộng hưởng điện và/hoặc cơ học của chi tiết áp điện hoặc vài chi tiết được kết hợp hoặc của cơ cấu phun. Khi cơ cấu điện cơ như cơ cấu phun trở nên cộng hưởng, thì năng lượng được lưu trữ trong cơ cấu điện cơ và được giải phóng ở tốc độ khác với tốc độ trong cơ cấu điện cơ, điện hoặc cơ học không cộng hưởng. Hơn

nữa, tính cộng hưởng của cơ cấu điện cơ sẽ có tác dụng như bộ tích hợp của các tín hiệu điện theo thời gian, cho phép nhiều ký hiệu đơn nhất được tạo phụ thuộc vào tín hiệu điện được áp dụng.

Theo một số phương án, tín hiệu điện, mà có thể là âm thanh đơn lẻ, đa âm thanh, tiếng kêu, dạng sóng tùy ý hoặc tín hiệu điện bất kỳ chứa một hoặc nhiều tần số được áp dụng cho chi tiết áp điện. Mạch tạo ra tín hiệu điện có thể là mạch bất kỳ mà phân phối điện hoặc điện áp và dòng điện, ở (các) tần số tín hiệu điện được dự định. Tín hiệu điện được áp dụng đối với khoảng thời gian được xác định và sau đó được dừng một cách đột ngột. Tín hiệu điện còn lại trong điện áp sau đó được đo bằng dòng điện, điện áp hoặc phép đo điện và được ghi chép để xử lý toán học như bằng cách FFT (biến đổi Fourier) hoặc được áp dụng một cách trực tiếp vào mạch tích hợp năng lượng tương tự. Bộ tích hợp tương tự có thể được chuyển mạch bật và tắt để tương quan dựa vào dạng sóng được xác định hoặc có thể tích hợp một cách đơn giản tất cả năng lượng được lưu trữ trong cơ cấu phun. Các ký hiệu cộng hưởng điện cơ thu được mà phụ thuộc vào tín hiệu điện ban đầu và các đặc tính cơ học và điện của hệ điện cơ.

Hơn nữa, và đặc biệt là đối với các hệ phun giọt nhỏ, để tạo giọt nhỏ có kích cỡ thích hợp và có tốc độ phun đầy đủ, tín hiệu dẫn động đối với áp điện phải là khá lớn. Các ắc quy mà có thể được gắn một cách thuận lợi vào hệ phun tạo giọt nhỏ, không tạo ra điện áp đầy đủ để dẫn động áp điện. Do đó, vẫn có nhu cầu đối với hệ thống, phương pháp và thiết bị để tạo ra nguồn điện hệ thống phun tạo giọt nhỏ trong khi duy trì sự dễ dàng và tính di chuyển của ắc quy.

Fig.5 thể hiện một phương án của hệ 500 để sử dụng bộ truyền động áp điện 540, ví dụ như có thể được sử dụng trong hệ tạo giọt nhỏ. Như được thể hiện trên Fig.5, hệ 500 có thể bao gồm nguồn điện 510, như ắc quy; cơ cấu dẫn động điện 520, nghĩa là mạch chịu trách nhiệm tạo ra điện áp hoặc tín hiệu dẫn động 530 cho bộ truyền động áp điện 540; bộ truyền động áp điện 540; và cơ cấu nạp tải cơ học 550 mà bộ truyền động áp điện 540 được ghép cặp. Bộ truyền động áp điện 540 có thể được sử dụng để dẫn động nhiều cơ cấu nạp tải cơ học 550, như tấm tạo giọt nhỏ để tạo ra các giọt nhỏ như được mô tả trong các đơn sáng chế của Mỹ số 61/569,739, 61/636,559, 61/636,565, 61/636,568, 61/642,838, 61/642,867, 61/643,150 và 61/584,060, và trong đơn công bố

sáng chế của Mỹ số 13/184,446, 13/184,468 và 13/184,484, nội dung của chúng được kết hợp trong bản mô tả này nhằm tham khảo và như được mô tả ở trên.

Theo một số phương án, như được thể hiện trên Fig.5, cũng có thể mong muốn để ghép cặp mạch phát hiện và điều khiển cộng hưởng 560 vào bộ truyền động áp điện 540. Mạch 560 này có thể được sử dụng để phát hiện khi toàn bộ cơ cấu điện cơ 570 (cơ cấu truyền động 540 và cơ cấu nạp tải 550) là không vận hành thêm nữa theo phương thức cộng hưởng, nghĩa là phương thức trong đó cơ cấu 570 tạo ra sự dịch chuyển cơ học lớn nhất hoặc gia tăng của cơ cấu nạp tải 550. Mạch 560 cũng có thể tạo ra sự hồi tiếp với cơ cấu dẫn động 520 để điều khiển tần số, ví dụ để mang nó trở lại tần số cộng hưởng. Các phương án khác về nguồn điện, cơ cấu dẫn động, bộ chuyển đổi và dạng sóng theo sáng chế được thể hiện trong các phần tham chiếu kết hợp.

Như được mô tả chi tiết hơn dưới đây, theo một phương án, mạch cầu đầy đủ được sử dụng để dẫn động cơ cấu phun áp điện. Điện thế (điện áp) đối với mỗi phía của chi tiết áp điện được thay đổi giữa điện áp cung cấp điện, mà có thể là công suất đầu ra của bộ chuyển đổi tăng thế, bộ chuyển đổi cộng hưởng, bộ chuyển đổi giảm-tăng thế, máy biến thế hoặc bộ chuyển đổi điện áp và nối đất để cho phép việc vận hành di chuyển ở tần số đã nêu. Bằng cách dẫn động áp điện đối với ít chu kỳ ở tần số đơn, năng lượng được lưu trữ trong cơ cấu phun áp điện mà được giải phóng trở lại mạch ở dạng điện áp nếu tín hiệu dẫn động được dừng.

Do đó, khi tín hiệu dẫn động được tạm dừng, thì áp điện vận hành theo cách chiếm ưu thế do nguồn tín hiệu tốt hơn cơ cấu nạp tải. Năng lượng của cơ cấu điện cơ (cơ cấu phun với chi tiết áp điện của nó) phải quay trở lại mạch điện dưới dạng điện áp hoặc bị triệt tiêu qua sự ma sát và mất điện trong hệ cơ học.

Ba trường hợp tồn tại mà xác định cách năng lượng điện cơ được loại bỏ và hoặc bị triệt tiêu. Nếu mạch được gắn vào cơ cấu phun là mở (ba trạng thái), thì áp điện sẽ trao đổi năng lượng qua sự dao động với điện dung cơ cấu dẫn động FET hoặc đơn giản là bị triệt tiêu qua việc mất cơ học và mất điện bên trong. Mạch được nối với cơ cấu phun cũng có thể được rút ngắn, mà làm cho cơ cấu phun loại bỏ một cách nhanh chóng năng lượng của nó vào hệ nối đất. Thay vào đó, mạch có thể có cơ cấu nạp tải điện hạn chế cho cơ cấu phun, mà làm cho sự dao động phù du được điều khiển.

Trong trường hợp cơ cấu nạp tải mở và giới hạn, việc lấy mẫu điện áp đầu ra của cơ cấu phun tạo ra phép đo sự di chuyển cơ cấu phun, mà có tương quan với việc phun chất lưu. Việc lấy mẫu dòng điện có thể được sử dụng trong trường hợp ngắn để tạo ra sự di chuyển hiệu chỉnh. Không có điện cực hồi tiếp nào được đòi hỏi trong trường hợp bất kỳ trong số các trường hợp này, nhờ đó tránh được việc phải tạo ra lớp kim loại hóa riêng biệt như lớp 461 theo phương án trên Fig.4.

Nguồn điện 510 có thể là nguồn điện thích hợp bất kỳ, bao gồm ắc quy thích hợp, có khả năng cấp điện cho cơ cấu dẫn động 520. Mặc dù không được thể hiện trên hình vẽ, hệ 500 có thể bao gồm nhiều hơn một nguồn điện, hoặc theo cách khác, hoặc dự trữ, nguồn điện, nếu muốn. Phụ thuộc vào các đặc điểm của nguồn điện 510, có thể cần phải tăng thế điện áp đầu ra của nguồn điện 510 để cuối cùng tăng điện cho bộ truyền động áp điện 540.

Như được mô tả trên đây, theo một số phương án theo sáng chế, điện áp đầu ra từ nguồn điện 510 có thể được tăng thế, ví dụ bởi bộ chuyển đổi tăng thế hoặc bộ chuyển đổi giảm-tăng thế với bộ truyền động áp điện 540 dưới dạng cơ cấu nạp tải. Một phương án của cơ cấu chuyển đổi giảm-tăng thế được biến đổi của sáng chế được thể hiện trên Fig.6.

Cơ cấu này chuyển đổi DC-AC tốt hơn là DC-DC. Nó có tác dụng loại bỏ điện tích trên tụ điện (được xác định bởi bộ truyền động áp điện 600) sau đó thu tất cả các điện tích đó và dẫn nó quay trở lại vào ắc quy 602. Các điôt phục hồi nhanh D1, D3 có thể được bao gồm để ngăn ngừa sự sai sót của thế điôt. Cơ cấu dẫn động có thể bao gồm P-MOSFET T1 được nối theo dây với cuộn cảm L1 từ đầu vào nguồn điện với đất, áp điện được nối giữa phần nối theo dây của cuộn cảm L1 và P-MOS T1 và N-MOS T2 được nối với đất. N-MOS T2 sẽ có điôt phục hồi nhanh D1 để ngăn ngừa sự sai sót của thế điôt. Khi P-MOSFET T1 tắt, thì dòng điện tiếp tục chạy qua cuộn cảm L1 để điện áp đầu ra lớn hơn N-MOSFET T2 làm giảm việc dẫn điện tiêu cực và dòng điện qua điôt D1 theo cách song song với N-MOSFET. Tất cả trong số các dòng điện tích hợp trên áp điện và điện áp trên áp điện đi từ zêro đến trị số được xác định bởi việc giảm dòng điện qua cuộn cảm L1. Điện áp có thể được tính toán dựa trên điện tích được chứa bởi dòng điện trong cuộn cảm L1 theo phương trình: $V = Q/C$, trong đó Q là điện tích và C là điện dung

(V là điện áp). Theo một phương án, khi kết thúc chu kỳ, N-MOSFET D2 có thể được chuyển mạch để đưa điện áp áp điện trở lại mặt đất. Chu kỳ này có thể được lặp lại ở tần số dẫn động được dự định. Mạch với cơ cấu chuyển đổi giảm-tăng thế có thể có hiệu quả hơn (sử dụng ít hơn 50% dòng điện hoặc tốt hơn) như được so với bộ chuyển đổi tăng thế trong khi tạo ra điện áp tương đương. Mạch này dùng dòng điện hầu như ít hơn đối với cùng điện áp dẫn động. Tuy nhiên, nhược điểm của việc sử dụng kết cấu này là ở chỗ nó bị giới hạn ở tín hiệu biên độ khoảng từ 80 đến 100 Vôn do việc dẫn đến các giới hạn điện áp nguồn V_{ds} của các FET.

Theo phương án khác, bộ chuyển đổi tăng thế được biến đổi (được thể hiện trên Fig.7) được sử dụng với cầu đầy đủ (được mô tả thêm dưới đây trên Fig.15) và dẫn động bộ chuyển đổi cộng hưởng (được thể hiện trên Fig.8) được sử dụng để làm tăng biên độ tín hiệu và tạo ra khả năng phóng đại mong muốn (nghĩa là từ 100 đến 170 Vôn). Phương án về bộ chuyển đổi cộng hưởng được thể hiện trên Fig.8 bao gồm một hoặc nhiều cuộn cảm 800. Cuộn cảm được bổ sung vào để tạo ra bộ chuyển đổi cộng hưởng dùng cho việc khuếch đại điện áp tăng trong toàn bộ bộ truyền động áp điện (được mô tả bởi tụ điện 802), mà có chức năng như cơ cấu nạp tải. Do đó, theo phương án này, cầu đầy đủ được sử dụng để dẫn động mạch cộng hưởng, mà có chức năng như bộ chuyển đổi cộng hưởng mà không có phần DC cuối cùng trong sự chuyển tiếp DC-AC-DC.

Một phương án về mạch dẫn động sử dụng bộ chuyển đổi tăng thế được thể hiện trên Fig.9. Các chi tiết tương tự sẽ được đề cập đến việc sử dụng cùng số chỉ dẫn trong các phương án khác nhau được mô tả dưới đây. Như được thể hiện trong phương án trên Fig.9, nguồn điện 510 có thể được ghép cặp với bộ chuyển đổi tăng thế 900, mà lần lượt bao gồm hoặc được ghép cặp với tụ điện giữ điện tích 910. Bộ chuyển đổi tăng thế 900 có thể được sử dụng để thúc đẩy điện áp cấp từ nguồn điện 510 và để nạp điện tụ điện 910 để cấp điện tích và điện áp cần để dẫn động bộ truyền động áp điện 540. Bộ chuyển đổi tăng thế 900 làm thay đổi điện áp để cho phép điện trường E hiệu chỉnh được áp dụng vào bộ truyền động áp điện 540, do đó điện áp tốt hơn là điện được tăng thế. Nhằm làm ví dụ không hạn chế, nguồn cấp điện 510 có thể cấp 2,7V cho bộ chuyển đổi tăng thế 900, tạo ra điện áp đầu ra của tụ điện 910 tăng đến 60V. Các phương án khác về nguồn điện theo sáng chế được thể hiện trong bản mô tả này. Tín hiệu hồi tiếp 580 được sử

dụng bởi mạch phát hiện và điều khiển cộng hưởng 560 để xác định các tần số cộng hưởng và tùy ý tạo ra sự hồi tiếp để điều khiển các tần số được cấp bởi cơ cấu dẫn động 520.

Cơ cấu dẫn động 520 theo sáng chế thường có thể được tạo kết cấu để tạo ra và điều khiển tín hiệu dẫn động 530 đối với bộ truyền động áp điện 540. Các phương án bổ sung của cơ cấu dẫn động 520 theo sáng chế được mô tả dưới đây. Phụ thuộc vào các đặc điểm mong muốn của toàn bộ cơ cấu 570, cơ cấu dẫn động 520 có thể được vận hành theo phương thức bất kỳ trong số vài phương thức khác nhau. Ví dụ, theo một số phương án, cơ cấu dẫn động 520 như được mô tả trong bản mô tả này có thể được tạo kết cấu để tạo ra các tín hiệu dẫn động đa âm thanh 530 mà vận hành (1) ở hai hoặc nhiều tần số bên ngoài cộng hưởng cơ/điện trong đó các tần số theo đợt là ở cộng hưởng cơ học, như được mô tả chi tiết hơn dưới đây trong phần đề mục “Phương thức vỏ bọc” hoặc (2) ở hai hoặc nhiều tần số cộng hưởng cơ học riêng biệt, như được mô tả chi tiết hơn dưới đây trong phần đề mục “Phương thức Bassel”. Tất nhiên sẽ được hiểu rằng các cơ cấu dẫn động này cũng có thể được tạo kết cấu để dẫn động tần số đơn lẻ, như tần số cộng hưởng đơn lẻ. Các cơ cấu dẫn động cũng có thể tạo ra các sóng vuông để dẫn động theo phương thức đơn lẻ hoặc đa phương thức với sóng vuông hòa âm để gây ra tốc độ cơ học gia tăng. Các phương án cụ thể được mô tả dưới đây.

Theo một phương án, có thể mong muốn dẫn động bộ truyền động áp điện 540 sao cho làm tăng sự dịch chuyển của cơ cấu nạp tải cơ học 550, trong khi bảo tồn một cách đồng thời tác dụng điện dung của bộ truyền động áp điện 540 và giảm thiểu toàn bộ sự tiêu thụ điện. Theo một phương án, cơ cấu dẫn động có thể vận hành theo “phương thức vỏ bọc”. Theo phương án này, cơ cấu dẫn động 520 có thể được tạo kết cấu để vận hành ở hai hoặc nhiều tần số bên ngoài cộng hưởng cơ/điện ở đó các tần số theo đợt là cộng hưởng cơ học.

Như được mô tả trên đây, theo một số phương án, bộ truyền động áp điện có thể được dẫn động theo cộng hưởng để tạo ra sự dịch chuyển tối đa của cơ cấu nạp tải cơ học. Do đó, tín hiệu dẫn động 530 có thể được dựa trên nhiều tần số cộng hưởng nguyên vẹn, nghĩa là bộ truyền động áp điện 540 có thể được dẫn động theo cách họa âm. Tuy nhiên, không bị giới hạn theo lý thuyết bất kỳ, sẽ được hiểu bởi người có hiểu biết trung

bình trong lĩnh vực này rằng các tín hiệu có tần số vận hành cơ bản cao hơn có thể dẫn đến sự tiêu thụ diện tăng, vì dưới dạng trở kháng của các thay đổi nạp tải với tần số, một số tần số vận hành cao hơn có thể có hiệu quả mà bộ truyền động áp điện hoạt động giống điện trở hơn so với tụ điện. Theo một số phương án của sáng chế, cơ cấu dẫn động 520 theo cách khác có thể kết hợp hai hoặc nhiều tín hiệu để dẫn động bộ truyền động áp điện 540. Các tần số và biên độ của tín hiệu đầu vào có thể được chọn để tạo ra sự dịch chuyển nạp tải cơ học tăng, trong khi bảo tồn một cách đồng thời năng lượng có lợi và các lợi ích của mạch, như gần với điện dung lý tưởng. Việc lựa chọn các đặc điểm tín hiệu có thể phụ thuộc, ví dụ vào sự dịch chuyển mong muốn của cơ cấu nạp tải cơ học.

Nói chung, như được thể hiện trên Fig.10, cơ cấu dẫn động 520 theo sáng chế có thể bao gồm hai hoặc nhiều tín hiệu đầu vào 1010a, 1010b, 1010c, v.v., được ghép cặp với mạch tổ hợp 1020. Mạch tổ hợp 1020 có thể là dạng bất kỳ của cơ cấu điện tử thích hợp để tổ hợp hai hoặc nhiều tín hiệu điện vào tín hiệu dẫn động hai âm thanh và đa âm thanh được tổ hợp 530, ví dụ, các cơ cấu điện tử thích hợp để tạo ra tổng và/hoặc vi sai của tất cả hoặc tập hợp phụ của tín hiệu đầu vào 1010a, 1010b, 1010c, v.v.. Tín hiệu dẫn động kết hợp 530 có thể được ghép cặp một cách trực tiếp vào bộ truyền động áp điện 540, hoặc tùy ý, được ghép cặp với mạch khớp trở kháng (không được thể hiện trên hình vẽ) mà sau đó được ghép cặp với bộ truyền động áp điện 540. Điều này cho phép việc khớp trở kháng (nghĩa là, bộ truyền động áp điện 540 với trở kháng đầu ra của mạch dẫn động).

Các tần số của tín hiệu đầu vào 1010a, 1010b, 1010c, v.v. có thể được chọn để tối ưu hóa một số đặc điểm của hệ. Ví dụ, bằng cách dẫn động bộ truyền động áp điện 540 với hai (hoặc nhiều) tần số không cộng hưởng, sự triệt tiêu năng lượng trong bộ truyền động áp điện 540 có thể được giảm thiểu. Theo một phương án cụ thể, có thể mong muốn dẫn động một cách trực tiếp bộ truyền động áp điện 540 vào cộng hưởng bằng cách chọn lọc tín hiệu đầu vào 1010a, 1010b, 1010c, v.v. sao cho vi sai hoặc tổng của hai hoặc nhiều tần số, nghĩa là các tần số của một hoặc nhiều tín hiệu dẫn động được tổ hợp 530, bằng với một hoặc nhiều tần số cộng hưởng của bộ truyền động áp điện 540. Không bị giới hạn bởi lý thuyết, sẽ được hiểu rằng khi hai hoặc nhiều tín hiệu điện có các tần số

khác nhau được tổ hợp, chúng sẽ giao thoa về mặt kết cấu hoặc phá vỡ theo định kỳ ở các tần số khác nhau, tổng cộng và điều biến ngang.

Đặc tính giao thoa này có thể được khai thác, trong tổ hợp với biên độ và trọng lượng pha, sao cho sự giao thoa kết cấu và phá vỡ thu được xuất hiện để tạo ra một hoặc nhiều tần số cộng hưởng của bộ truyền động áp điện 540 và dẫn đến sự dịch chuyển vật lý tối đa x của cơ cấu nạp tải 550. Theo cách này, cơ cấu dẫn động 520 có thể một cách trực tiếp gây ra sự di chuyển cơ học cộng hưởng trong bộ truyền động áp điện 540. Fig.11 thể hiện đầu ra điện áp thay đổi theo thời gian 530 của một ví dụ về cơ cấu dẫn động hai âm thanh 520. Theo một phương án, hai hoặc nhiều tín hiệu đầu vào 1010a, 1010b, 1010c, v.v., (mỗi tín hiệu có các tần số không cộng hưởng) có thể được dẫn động ở cùng biên độ tối đa được tổ hợp như việc dẫn động theo phương thức đơn lẻ. Điều này có thể dẫn đến sự tiêu thụ điện giảm như được so với việc dẫn động theo phương thức đơn lẻ, do các tín hiệu đơn lẻ là ở tần số thấp hơn so với tần số cộng hưởng. Do đó, vật liệu áp điện có lợi từ tần số cao hơn được tổ hợp do vật liệu áp điện có trở kháng cao hơn ở tần số thấp hơn so với ở tần số cộng hưởng.

Hơn nữa, bằng cách dẫn động bộ truyền động áp điện 540 với hai hoặc nhiều tần số không cộng hưởng, các đặc tính điện của bộ truyền động áp điện 540 có thể được duy trì một cách hoàn toàn điện dung trong khi vẫn dẫn đến sự cộng hưởng cơ hoặc và sự dịch chuyển gia tăng. Điều này cho phép bộ truyền động áp điện 540 được sử dụng một cách trực tiếp trong bộ chuyển đổi cộng hưởng, còn làm giảm tiếp việc mất năng lượng trong bộ truyền động áp điện 540 bằng cách bắt giữ lại năng lượng trong một hoặc nhiều cuộn cảm.

Cơ cấu dẫn động vận hành theo “phương thức vỏ bọc” theo các phương án của sáng chế có thể cải thiện việc phun giọt nhỏ và sự tiêu thụ điện thấp trong các hệ phun giọt nhỏ áp điện. Chúng có thể mở rộng tiếp khoảng độ nhót chất lưu mà có thể được phun từ hệ phun giọt nhỏ. Các tần số vận hành lấy làm ví dụ trong các ứng dụng này có thể nằm trong khoảng từ 1KHz đến 5MHz, như, ví dụ, 43kHz và 175kHz. Bằng cách sử dụng cơ cấu dẫn động như được mô tả trong bản mô tả này, hệ có thể hỗ trợ các tần số khác ở mức cao mà làm giảm việc tạo hạt chất lưu và làm tăng khoảng độ nhót, hệ có thể phun.

Theo phương án khác, cơ cấu dẫn động theo sáng chế có thể vận hành theo “phương thức Bessel”. Cơ cấu dẫn động 120 có thể được tạo kết cấu để vận hành ở hai hoặc nhiều tần số có cộng hưởng cơ học riêng biệt.

Tương tự với phương thức vận hành được mô tả trên đây và như được thể hiện trên Fig.10, cơ cấu dẫn động 520 theo sáng chế có thể bao gồm hai hoặc nhiều tín hiệu đầu vào 1010a, 1010b, 1010c, v.v., được kết hợp với mạch tổ hợp 1020. Mạch tổ hợp 1020 có thể là dạng bất kỳ của cơ cấu điện tử thích hợp để tổ hợp hai hoặc nhiều tín hiệu điện thành các tín hiệu dẫn động hai âm thanh hoặc đa âm thanh được tổ hợp 530, ví dụ, các cơ cấu điện tử thích hợp để tạo ra tổng và/hoặc vi sai của tất cả hoặc tập hợp phụ của tín hiệu đầu vào 1010a, 1010b, 1010c, v.v.. Tín hiệu dẫn động tổ hợp 530 có thể được ghép cặp một cách trực tiếp với bộ truyền động áp điện 540, hoặc tùy ý, được kết hợp với mạch khớp trở kháng (không được thể hiện trên hình vẽ) mà sau đó được kết hợp với bộ truyền động áp điện 540. Điều này cho phép khớp trở kháng của cơ cấu nạp tải (nghĩa là, bộ truyền động áp điện 540) với trở kháng của mạch dẫn động 520. Để xác định tính cộng hưởng, tín hiệu hồi tiếp 580 được sử dụng bởi mạch phát hiện và điều khiển cộng hưởng 560 để xác định các tần số cộng hưởng và tùy ý tạo ra sự hồi tiếp để điều khiển các tần số được cung cấp bởi cơ cấu dẫn động 520.

Theo các phương án trong đó cơ cấu dẫn động 520 vận hành theo phương thức Bessel, các tần số của tín hiệu đầu vào 1010a, 1010b, 1010c, v.v., khác với các tần số được mô tả trên đây đối với phương thức vỏ bọc, sao cho các đặc điểm khác nhau của hệ được tối ưu hóa. Theo phương thức vỏ bọc, tín hiệu đầu vào 1010a, 1010b, 1010c, v.v., được chọn một cách cụ thể ở các tần số không cộng hưởng mà sẽ tổ hợp để tạo ra các tần số đột cộng hưởng như được thể hiện trên Fig.11. Theo phương thức Bessel, vì lý do mà được mô tả chi tiết hơn dưới đây, tín hiệu đầu vào 1010a, 1010b, 1010c, v.v., tự bản thân ở tần số cộng hưởng khác biệt của bộ truyền động áp điện 540 và cơ cấu nạp tải cơ học 550. Hơn nữa, cơ cấu dẫn động vận hành theo phương thức Bessel được tối ưu hóa để hoạt động một cách cụ thể với cơ cấu nạp tải không vuông góc 550.

Không bị giới hạn bởi lý thuyết, thông thường sẽ được hiểu rằng các phương thức cộng hưởng của hệ điện cơ được cho là nhiều tần số cộng hưởng nguyên vẹn, nghĩa là ở tần số hòa âm. Tuy nhiên, khi cơ cấu nạp tải cơ học 550 hoặc bộ truyền động áp điện 540

là không vuông góc, dạng dao động riêng của cơ cấu phun, nghĩa là các tần số mà ở đó toàn bộ cơ cấu dao động một cách đồng thời, không xảy ra ở nhiều tần số nguyên vẹn mà có thể được sinh ra một cách dễ dàng bằng cách sử dụng các tín hiệu điện tử họa âm 530. Điều này ngăn ngừa sự dẫn động tối ưu của bộ truyền động áp điện 540 và cơ cấu nạp tải cơ học 550 đối với hình dạng mà không vuông góc. Tốt hơn là, đối với cơ cấu nạp tải cơ học hình tròn, hình tròn thô 550, các tần số cộng hưởng xuất hiện ở các tần số Bessel, nghĩa là các tần số cộng hưởng được tăng gấp bội bởi giải pháp hàm Bessel. Do đó, đối với các phương án vận hành theo phương thức Bessel, cơ cấu dẫn động 520 có thể được tối ưu hóa để tạo ra sự dịch chuyển tối đa các cơ cấu nạp tải cơ học tròn hoặc tròn thô 550, bằng cách sử dụng hai hoặc nhiều tín hiệu đầu vào 1010a, 1010b, 1010c, v.v. có các tần số Bessel.

Theo một số phương án, biên độ và tần số của tín hiệu đầu vào 1010a, 1010b, 1010c, v.v. có thể được chọn sao cho hệ 500 tạo ra sự dịch chuyển được cải thiện của cơ cấu nạp tải cơ học 550 ở tần số cộng hưởng thấp hơn và tốc độ khác được cải thiện của cơ cấu nạp tải cơ học 550 ở tần số cộng hưởng cao hơn. Ví dụ, trong các ứng dụng của cơ cấu tạo giọt nhỏ, các tín hiệu đầu vào của phương thức Bessel 1010a, 1010b, 1010c, v.v. có thể được dẫn động với trọng lượng biên độ trong số các dạng dao động riêng khác biệt với các yếu tố hình dạng mong muốn để tối ưu hóa sự dịch chuyển cơ học của thuốc dạng lỏng và tốc độ khác giọt nhỏ trong khi duy trì mối quan hệ tạo pha tối ưu với tín hiệu dẫn động điện 520 để tạo thuận lợi cho việc phun chất lưu tối đa. Bằng cách tổ hợp hai (hoặc nhiều) tín hiệu đầu vào 1010a, 1010b, 1010c, v.v., được chọn theo cách này, toàn bộ chất lượng của hệ có thể được tăng cường-phương thức tần số thấp có thể làm tăng cường phương thức tần số cao hơn-và toàn bộ điện trong mỗi tín hiệu có thể được giảm khi được so với tín hiệu theo phương thức đơn lẻ.

Chỉ nhằm làm ví dụ, cơ cấu phun giọt nhỏ có thể có các phương thức cộng hưởng Bessel ở 50kHz và 165kHz. Việc dẫn động ở 50kHz đơn lẻ tạo ra 5 μ m dịch chuyển; việc dẫn động ở 165kHz đơn lẻ tạo ra 800nm dịch chuyển của cơ cấu phun, nhưng cũng tạo ra tốc độ cao hơn và đặc điểm phun được cải thiện. Tuy nhiên, trong hệ theo sáng chế, cả hai phương thức có thể được dẫn động một cách đồng thời. Việc chạy cả hai tín hiệu ở nửa điện năng tạo ra 2,5 μ m dịch chuyển từ phương thức 50kHz và 400nm dịch chuyển

khác từ phương thức 165kHz, đối với tổng số $2,9\mu\text{m}$ – cao hơn một cách đáng kể so với 800nm tín hiệu 165kHz đơn lẻ có thể tạo ra-nhưng với tốc độ dịch chuyển được cải thiện và các đặc điểm phun được kết hợp với tín hiệu 165kHz. Ngoài ra, việc phun được tăng thể theo định kỳ ở tần số theo đợt, 215kHz (nghĩa là, tổng các tín hiệu) và 115kHz (nghĩa là, vi sai của các tín hiệu). Điều này làm tăng tốc độ đỉnh của hệ và khoảng độ nhót, cơ cấu phun giọt nhỏ có thể phun trong khi ngăn chặn việc tạo hạt chất lưu.

Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này sẽ hiểu được rằng, một ví dụ về tổ hợp của các phương thức và nhiều phương thức vận hành khác có thể được chọn để thoả mãn các yêu cầu của hệ khác nhau. Mỗi phương thức Bessel (tần số khác nhau) có tốc độ và sự dịch chuyển nhất định. Do đó, các phương thức tần số thấp có tốc độ thấp, nhưng có thể có sự dịch chuyển ở mức độ cao hơn.

Theo sáng chế, việc phun là do tổ hợp của sự dịch chuyển và tần số (tốc độ). Cả hai khía cạnh có thể được làm tăng bằng cách sử dụng nhiều tần số. Theo một phương án, ví dụ, bằng cách làm giảm biên độ của mỗi tần số dẫn động điện theo một nửa, tổng sự dịch chuyển được nhìn thấy với cơ cấu phun giọt nhỏ vận hành ở 391kHz có thể được gia tăng hơn 1700nm do tần số thấp hơn, phương thức phun thấp dịch chuyển cao hơn, trong khi duy trì việc tạo pha điện và cơ học chính xác đối với việc phun cộng hưởng. Ngoài ra, lượng năng lượng được đòi hỏi đối với việc phun chất lưu độ nhót cao được giảm khi được so với việc sử dụng các cơ cấu dẫn động theo phương thức đơn lẻ.

Như được thể hiện, trên Fig.10, các cơ cấu dẫn động vận hành ở phương thức vỏ bọc và phương thức Bessel, như được mô tả trong bản mô tả này, có thể được thực hiện bằng cách sử dụng cùng thành phần logic và điện. Như được mô tả trên đây, việc vận hành của hệ 500 – nghĩa là, theo phương thức vỏ bọc hoặc phương thức Bessel-là hàm của tần số và biên độ tín hiệu được áp dụng cho mạch, cũng như chi tiết chất lượng cộng hưởng cơ học.

Các phương án khác về cơ cấu dẫn động được mô tả dưới đây. Theo phương án khác trên Fig.12, cơ cấu dẫn động 520 tạo ra tín hiệu điện 1210a, 1210b bởi các nguồn điện khác (AC) 1200a, 1200b mà sau đó được giả định bởi cơ cấu trộn tần số 1220. Các nguồn AC này có thể được chọn để tạo ra mỗi tín hiệu 1210a, 1210b với tần số và biên độ mong muốn. Theo một phương án, tín hiệu tổ hợp 1220 có thể được ghép cặp với bộ

khuếch đại 1230, mà có thể được cấp điện bởi nguồn điện 510, hoặc theo cách khác bởi nguồn điện riêng biệt 1240, mà có thể được kết hợp với bộ chuyển đổi điện 1250 chẳng hạn như bộ chuyển đổi AC/DC hoặc bộ chuyển đổi DC/DC trong trường hợp mà điện áp, dòng điện hoặc điện đầu ra lớn cần thiết cho việc dẫn động của bộ truyền động áp điện 540. Bộ khuếch đại 1230 có thể là tuyến tính hoặc không tuyến tính và có thể được kết thúc đơn lẻ hoặc vi sai. Tín hiệu hồi tiếp 580 được sử dụng bởi mạch phát hiện và điều khiển cộng hưởng 560 để xác định tần số cộng hưởng và tùy ý tạo ra sự hồi tiếp để điều khiển tần số được cấp bởi các nguồn AC 1200a, 1200b.

Fig.13 thể hiện phương án khác của cơ cấu dẫn động 520 theo sáng chế. Theo phương án này, cơ cấu dẫn động 520 có thể bao gồm một hoặc nhiều nguồn điện hoặc cơ cấu dao động được điều khiển về số lượng (NCO) 1300, 1302 với các tần số khác biệt 410a, 410b. Các tín hiệu 1310a, 1310b được tạo ra bởi các nguồn 1300, 1302 sau đó có thể được cộng gộp theo số trong cổng OR hoặc logic số khác 1320 để tạo ra tín hiệu đa tần tương tự để thực hiện việc điều biến xung rộng (PWM). Sau đó, như được thể hiện trên Fig.13, tín hiệu thu được 1330 có thể được sử dụng để dẫn động mạch nửa cầu 1340 để tạo ra tín hiệu dẫn động kết thúc đơn lẻ 130 ngang qua áp điện 150. Mạch cầu 1340 có thể được nạp từ nguồn điện 110 hoặc nguồn điện riêng biệt 1342, tùy ý qua bộ chuyển đổi điện 1350. Tín hiệu hồi tiếp 580 được sử dụng bởi mạch phát hiện và điều khiển cộng hưởng 560 để xác định tần số cộng hưởng và tùy ý để tạo ra sự hồi tiếp để điều khiển tần số được cấp bởi các NCO 1300, 1302.

Theo phương án khác, được thể hiện trên Fig.14, cơ cấu dẫn động 520 có thể một lần nữa bao gồm một hoặc nhiều nguồn điện hoặc cơ cấu dao động được điều khiển về số lượng (NCO) 1400, 1402 với các tần số khác biệt 1410a, 1410b. Các tín hiệu 1410a, 1410b được tạo ra bởi các nguồn điện 1400, 1402 có thể được cộng theo số trong cổng OR hoặc logic số khác 1420 để tạo ra tín hiệu được điều biến độ rộng xung đa tần số (PWM). Sau đó, như được thể hiện trên Fig.14, tín hiệu thu được 1430 có thể được sử dụng để dẫn động hai mạch nửa cầu 1440a và 1440b, mạch nửa cầu 1440b được nạp qua bộ chuyển đổi 1480 để tạo ra phiên bản pha ngược của dữ liệu đầu ra 1430, để tạo ra sự dẫn động cầu đầy đủ. Các mạch cầu 1440a, 1440b có thể được nạp từ nguồn điện 110 hoặc nguồn điện tách biệt 1442, tùy ý qua bộ chuyển đổi điện 1450. Tín hiệu hồi tiếp

580 được sử dụng bởi mạch phát hiện và điều khiển cộng hưởng 560 để xác định các tần số cộng hưởng và tùy ý tạo ra sự hồi tiếp để điều khiển tần số được cấp bởi NCO 1400, 1402.

Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này sẽ hiểu được rằng hai nguồn riêng biệt và logic thích hợp có thể được sử dụng để điều khiển thời gian tạo pha và chết giữa các lần dẫn động nửa cầu. Fig.15 thể hiện một phương án về sơ đồ mạch thực hiện việc dẫn động cầu đầy đủ 1501, trong đó các bộ dồn kênh 1590a, 1590b nhận các dữ liệu đầu vào đường điều khiển không đảo ngược bổ sung 1592a, 1592b tương ứng và đường điều khiển đảo ngược 1594a, 1594b tương ứng từ NCO. Bộ dồn kênh 1592a, 1592b cho phép tín hiệu hai tần số hỗn hợp để dẫn động cầu đầy đủ hoặc các tần số tách biệt để dẫn động mỗi nửa của cầu đầy đủ. Đường điều khiển cho phép các phương thức vận hành khác nhau, ví dụ sử dụng NCO đơn lẻ và bộ đảo ngược để dẫn động cả hai nửa của cầu đầy đủ ở tần số đơn lẻ hoặc sử dụng hai NCO trong kết cấu được thể hiện ở cùng tần số nhưng trong pha ngược. Fig.16 thể hiện phương án khác nữa của cơ cấu dẫn động 520 theo sáng chế. Theo phương án này, cơ cấu dẫn động 520 bao gồm cơ sở dữ liệu dạng sóng 1600 ví dụ phối hợp sự biểu diễn số của tín hiệu dẫn động 530. Cơ sở dữ liệu dạng sóng 1600 có thể được sử dụng để tạo tín hiệu dạng sóng số một âm thanh hoặc đa âm thanh tùy ý đối với bộ chuyển đổi số thành tương tự (DAC) 1610 để chuyển hóa thành tín hiệu điện tương ứng 1620. Tín hiệu 1620 có thể được tăng thế bởi bộ khuếch đại được cấp điện một cách thích hợp 1630 (được cấp điện bởi nguồn điện 510 hoặc nguồn điện riêng biệt 1640, như được thể hiện trên Fig.16). Bộ khuếch đại 1630 có thể là tuyến tính hoặc không tuyến tính và có thể được kết thúc đơn lẻ hoặc vi sai. Tín hiệu dẫn động thu được 530 sau đó được áp dụng cho bộ truyền động áp điện 540 để dẫn động cơ cấu nạp tải cơ học 550, ví dụ, tấm phun được nạp đầy chất lưu hoặc tấm phun với cơ cấu tạo giọt nhỏ được nạp đầy chất lưu. Tín hiệu hồi tiếp 580 được sử dụng bởi mạch phát hiện và điều khiển cộng hưởng 560 để xác định các tần số cộng hưởng và tùy ý tạo ra sự hồi tiếp để điều khiển việc lựa chọn (các) tần số được cấp bởi cơ sở dữ liệu 1600.

Fig.17 thể hiện biểu đồ mạch của một phương án của mạch cơ cấu dẫn động 120 theo sáng chế tạo ra cơ cấu dẫn động cầu đầy đủ và mạch đo cộng hưởng. Theo phương án này, cơ cấu dẫn động 120 bao gồm cặp PMOS/NMOS thứ nhất 1800, 1802, mà

chuyển mạch điện áp dương, Vtăng thế, giữa các điện cực của bộ truyền động áp điện (cơ cấu phun) ở tần số dẫn động hệ thống bằng cách sử dụng tín hiệu dẫn động 1804 và tín hiệu dẫn động đảo ngược 1806. Cặp PMOS/NMOS thứ nhất 1800/1802 dẫn động phía thứ nhất hoặc dương tính của cơ cấu truyền động bởi tín hiệu 1810. Tần số dẫn động có thể nằm trong khoảng, ví dụ từ 1Hz đến 10MHz và điện áp Vtăng thế có thể nằm trong khoảng, ví dụ từ 6 Vôn đến 75 Vôn. Điện áp đối với dữ liệu đầu ra 1810 được điều khiển bởi tranzito 1812, mà được điều khiển bởi tín hiệu hồi tiếp kết quả năng lượng theo thời gian (TEP) 1814, dưới dạng một phần của mạch đo TEP mà được thể hiện trên hình vẽ phóng to trên Fig.18. Điều này cho phép đối với tín hiệu từ cơ cấu dẫn động được khử kết hợp nhằm mục đích kiểm tra tín hiệu đầu ra từ bộ truyền động áp điện như được mô tả chi tiết hơn dưới đây.

Cơ cấu dẫn động còn bao gồm cặp PMOS/NMOS thứ hai 1814, 1816 để dẫn động phía thứ hai hoặc phía âm tính của cơ cấu truyền động bởi tín hiệu 1820. Điện áp dẫn động 1820 đối với cơ cấu dẫn động được điều khiển bằng cách tắt tranzito 1822. Trong khi kiểm tra điện áp đầu ra từ bộ truyền động áp điện, tranzito 1822 được bật ngắn để ngăn ngừa điện áp của cơ cấu dẫn động không đi qua đến ADC (không được thể hiện trên hình vẽ nhưng vị trí của nó được thể hiện bởi số chỉ dẫn 1850). Như được mô tả chi tiết hơn dưới đây, tranzito 1822 sau đó được tắt và tranzito 1824 được tắt bởi tín hiệu cho phép TEP 1832, để cho phép điện áp đầu ra chuyển qua ADC (không được thể hiện trên hình vẽ). Tranzito 1824 cũng có thể được dẫn động ở tần số dẫn động tín hiệu gốc qua tín hiệu cho phép TEP 1832 để tạo ra tín hiệu đầu ra được hiệu chỉnh.

Fig.18 thể hiện mạch điều khiển điện áp trên Fig.17 trên hình vẽ phóng to. Mạch này được phân nhánh một cách vi sai bằng cách tạo ra trở kháng cân bằng R1 và R2. TEP_enable 1832 duy trì tranzito T7 1824 trong khi dẫn động. Điều này duy trì 45 V+ từ lúc đạt đến ADC, mà có dữ liệu đầu ra tối đa $VDD \leq 6V$. Điện trở R2 và tụ điện C1 tạo ra mạch tích hợp để đo cơ cấu phun phun vòng xuống.

Các tín hiệu TEP_n 1814 và TEP_p 1830 làm ngắn cơ cấu phun p 1810 và cơ cấu phun n 1820, tương ứng trong khoảng thời gian ngắn sau khi việc dẫn động được cắt bỏ để dẫn điện áp đến mức đủ thấp để tránh việc nổ ADC. Sau đó, TEP_n 1814 vẫn còn trên cơ cấu phun nối_p 1810 qua tranzito T5 1812 xuống đất. Tín hiệu TEP_p 1830 cắt bỏ

tranzito T6 1822, chuyển mạch cơ cấu phun_n thành đường cổng ADC. TEP_có thể 1832 ngắt tranzito T7 1824 hoặc dẫn động nó ở tần số dẫn động gốc để hiệu chỉnh. Bộ tích hợp RC ở phía trước ADC đơn giản tích hợp tín hiệu đầu ra và các mẫu ADC ở thời gian được xác định để có giá trị đối với biên độ năng lượng trong tín hiệu TEP.

Không quan tâm đến biên độ và/hoặc tần số của tín hiệu dẫn động 130, khi bộ truyền động áp điện 540 được dẫn động bởi tín hiệu dẫn động 530, lượng năng lượng nhất định sẽ được lưu trữ và được giải phóng trong cơ cấu điện cơ 500. Điều này có nghĩa rằng, câu hỏi bao nhiêu năng lượng được lưu trữ và bị triệt tiêu trong bộ truyền động áp điện 540 là hàm của, trong số các chi tiết khác, tần số của tín hiệu dẫn động 530, nhiệt độ môi trường và bản chất của cơ cấu nạp tải cơ học 550. Như được mô tả trên đây, bộ truyền động áp điện thường được dẫn động theo phương thức cộng hưởng để tạo ra sự dịch chuyển gia tăng hoặc tối đa của cơ cấu nạp tải cơ học. Ở tần số cộng hưởng của bộ truyền động áp điện 540, năng lượng được lưu trữ và được giải phóng ở tốc độ khác với khi áp điện là theo phương thức không cộng hưởng. Khi cơ cấu trong chế độ cộng hưởng, năng lượng sẽ còn lại trong cơ cấu và vòng trong áp điện trong một khoảng thời gian (đo được) trước khi nó bị sụt lần cuối cùng và cơ cấu quay trở lại trạng thái nghỉ ban đầu của nó. Khi cơ cấu không ở trạng thái cộng hưởng, năng lượng dẫn từ cơ cấu có thể hầu như ngay lập tức. Ví dụ, Fig.19 thể hiện điện áp thay đổi theo thời gian của một phương án của hệ thống theo sáng chế, trong thời gian sụt theo các phương thức cộng hưởng và không cộng hưởng. Có thể khai thác đặc điểm này của hệ điện cơ để xác định khi cơ cấu ở trạng thái cộng hưởng và khi nó không cộng hưởng.

Fig.20 và Fig.21 thể hiện các ví dụ về phương pháp của sáng chế để tạo ra profin năng lượng của cơ cấu 500, mà có thể được sử dụng để xác định liệu có hay không cơ cấu ở trạng thái cộng hưởng. Các bước tương tự trong lưu đồ được mô tả bởi cùng số chỉ dẫn nhằm mục đích đơn giản. Như được thể hiện trên Fig.20, ở bước 2000 tín hiệu dẫn động 530 có thể được áp dụng vào bộ truyền động áp điện 540 trong khoảng thời gian giới hạn. Phụ thuộc vào toàn bộ yêu cầu của cơ cấu và loại đặc điểm được phát hiện, bộ truyền động áp điện 540 có thể hoặc có thể không được ghép cặp với cơ cấu nạp tải cơ học (không được thể hiện trên hình vẽ). Nói chung, tín hiệu dẫn động 530 sẽ được áp dụng vào bộ truyền động áp điện 540 trong ít nhất một khoảng dạng sóng đối với các

phương thức áp điện (trong đó bộ truyền động áp điện không được ghép cặp với cơ cấu nạp tải) và hai khoảng dạng sóng đối với phương thức màng (trong đó bộ truyền động áp điện được ghép cặp với cơ cấu nạp tải chẳng hạn như cơ cấu phun được nạp đầy chất lưu), không quan tâm đến tần số, để thu được tín hiệu phát hiện. Năng lượng trong cơ cấu nạp tải trong khoảng thời gian được đưa ra bởi chi tiết chất lượng cộng hưởng và có thể được dẫn động trong khoảng thời gian bất kỳ lớn hơn số lượng các khoảng tối thiểu được đòi hỏi.

Ở bước 2010, tín hiệu 530 không được áp dụng thêm nữa cho bộ truyền động áp điện 540. “Việc dừng” này có thể do việc tắt điện cơ cấu dẫn động 520 gây ra, làm gián đoạn cơ cấu dẫn động 520 (ví dụ, về mặt điện, bởi cơ cấu dẫn động ba trạng thái FET) hoặc một số hoạt động khác đủ để ngăn ngừa tín hiệu 530 không bị áp dụng vào bộ truyền động áp điện 540. Ở thời điểm này, cơ cấu 570 sẽ trở lại trạng thái nghỉ ban đầu của nó, nghĩa là bộ truyền động áp điện 540 sẽ không được truyền động để làm dịch chuyển cơ cấu nạp tải cơ học 550, và năng lượng vẫn còn trong cơ cấu sẽ bị triệt tiêu. Cách mà tín hiệu 580 bị sụt một cách nhanh chóng sẽ, như được mô tả trên đây, phụ thuộc vào liệu có hay không cơ cấu trong trạng thái cộng hưởng. Để làm cho tín hiệu 580 có thể phát hiện một cách dễ dàng hơn, có thể mong muốn làm tăng biên độ của tín hiệu 580 bằng cách dừng dạng sóng dẫn động ở đỉnh của tín hiệu dẫn động 530 tốt hơn ở mức ngang zêro. Tuy nhiên, cần được lưu ý rằng việc làm dừng tín hiệu dẫn động 530 ở mức ngang zêro có thể bất lợi hơn để đo sự cộng hưởng cơ học so với các sự cộng hưởng áp điện.

Ở bước 2020, mạch phát hiện và điều khiển cộng hưởng 560, được ghép cặp với bộ truyền động áp điện 140 như được thể hiện trên Fig.5, ví dụ có thể được hoạt hóa để đo các đặc điểm khác nhau kết hợp với việc sụt tín hiệu còn lại trong cơ cấu áp điện 570. Ở bước 2030, mạch phát hiện và điều khiển cộng hưởng 560 có thể tích hợp tín hiệu được phát hiện 580. Tín hiệu được tích hợp sẽ có biên độ lớn nhất, phản xạ sự di chuyển vật lý tối đa của bộ truyền động áp điện 540 và sự dịch chuyển tương ứng của cơ cấu nạp tải cơ học 550, ở tần số cộng hưởng của cơ cấu 570. Mạch phát hiện và điều khiển cộng hưởng 560 có thể được đồng bộ hóa với cơ cấu dẫn động 520 để làm hở việc tích hợp tín hiệu được đo 580 trong khoảng thời gian sụt. Ví dụ, nếu sự tích hợp trở nên quá dễ dàng,

nó có thể nhạt tín hiệu dẫn động gốc 530, mà không hứng thú ở điểm này trong khi phân tích.

Theo phương án trên Fig.20, việc xác định sự cộng hưởng được thực hiện ở bước 2040 dựa trên việc gia tăng tín hiệu được phát hiện 580 so với tín hiệu 580 được thực hiện ở tần số tín hiệu đầu vào khác nhau 530. Nếu không có sự gia tăng nào được phát hiện, tần số của tín hiệu đầu vào 530 được thay đổi ở bước 2050 để kiểm tra tác dụng đối với cơ cấu áp điện 170. Do đó, ở bước 2040, việc đánh giá có thể được thực hiện như liệu có hay không cơ cấu là ở trạng thái cộng hưởng hoặc không cộng hưởng. Theo một số phương án, quy trình của các bước từ 2000 đến 2040 có thể được lặp lại vài lần để xác định về mặt thực tiễn tần số cộng hưởng của hệ thống. Mỗi lần được xác định ở bước 2040 là cơ cấu không theo phương thức cộng hưởng, cơ cấu dẫn động 520 có thể được điều chỉnh ở bước 2050. Ví dụ, tần số của tín hiệu dẫn động 530 được áp dụng cho áp điện có thể được thay đổi ở các bước, ví dụ 1kHz tách rời, để quan sát sự phản ứng của cơ cấu 500 ở tần số dẫn động thay đổi cho đến khi cụm rõ ràng về biên độ-ngĩa là phản ứng cộng hưởng được quan sát.

Theo phương án trên Fig.21, tập hợp tần số được xác định được kiểm tra đối với tín hiệu đầu vào 530, bằng cách đếm giảm số lượng tần số được kiểm tra và xác định ở bước 2160 liệu có hay không số lượng tần số được xác định đã được kiểm tra và nếu không, làm thay đổi tần số ở bước 2050 và áp dụng tín hiệu đầu vào mới 530. Khi đòi hỏi số lượng tần số được kiểm tra, việc xác định được thực hiện ở bước 2170 như đối với tần số mà ở đó tín hiệu được phát hiện có biên độ lớn nhất 580 thu được. Do đó, theo phương án trên Fig.21, thứ tự của các bước có thể được thay đổi một cách không đáng kể sao cho việc xác định liệu có hay không sự đáp ứng cộng hưởng được quan sát xuất hiện khi kết thúc quy trình. Ở bước 2000, tín hiệu dẫn động 530 có thể được áp dụng cho bộ truyền động áp điện 540, và sau đó ở bước 2010, nó có thể được loại bỏ. Mạch phát hiện và điều khiển cộng hưởng có thể được hoạt hóa ở bước 2020 và tín hiệu được đo 580 có thể được tích hợp ở bước 2030. Ở bước 2160, phương pháp có thể xác định liệu có hay không có tần số đủ được kiểm tra; ví dụ, có thể được đòi hỏi để kiểm tra 10 tần số khác nhau. Nếu chỉ có một (hoặc số lượng bất kỳ nhỏ hơn 10) được kiểm tra, phương pháp có thể nhảy đến bước 2050 và làm thay đổi tần số tín hiệu dẫn động. Quy trình này có thể

được lặp lại cho đến khi số lượng tần số yêu cầu có hành vi cộng hưởng được chứng minh, nghĩa là như được thể hiện ở bước 2170.

Các ví dụ trên đây được giả định sử dụng các tần số dẫn động âm thanh đơn để định vị tần số cộng hưởng. Tuy nhiên, người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này sẽ hiểu được rằng các quy trình này có thể được thực hiện, ví dụ bằng cách sử dụng tín hiệu dẫn động đa âm thanh 530. Ví dụ, tín hiệu dẫn động có thể có 10 âm thanh được đặt cách nhau ở 1kHz, bắt đầu ở 45kHz, với các âm thanh có biên độ bằng nhau. Theo cách này, mỗi trong số 10 tần số có thể được phân tích một cách đồng thời, nghĩa là gửi 10 tín hiệu tần số trước khi chờ và đánh giá tín hiệu đầu ra 580. Theo phương án khác nữa, tín hiệu dẫn động 530 có thể là tiếng kêu hoặc dạng sóng tùy ý.

Fig.22 và Fig.23 thể hiện các dạng sóng mẫu được xử lý (giá trị được tích hợp ở mỗi tần số) (biên đổi đối với tần số) của tín hiệu được tích hợp của hai hệ thống lấy làm ví dụ theo sáng chế. Cụ thể là, Fig.22 thể hiện dạng sóng đơn giản của hệ thống dựa trên cơ cấu hiệu chỉnh, nghĩa là như được thể hiện trên Fig.26 và được mô tả chi tiết hơn dưới đây, trong khi Fig.23 thể hiện dạng sóng mẫu của hệ thống dựa trên biến đổi Fourier nhanh (FFT), nghĩa là như được thể hiện trên Fig.24 và Fig.25 và được mô tả chi tiết hơn dưới đây.

Các ví dụ trên đây được giả định sử dụng các tần số dẫn động âm thanh đơn. Tuy nhiên, người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này sẽ hiểu rằng các quy trình này có thể được thực hiện, ví dụ bằng cách sử dụng tín hiệu dẫn động đa âm thanh 530. Ví dụ, tín hiệu dẫn động có thể có 10 âm thanh được đặt cách nhau ở 1kHz, bắt đầu ở 45kHz, với âm thanh có biên độ bằng nhau. Theo cách này, mỗi trong số 10 tần số có thể được phân tích một cách đồng thời. Theo phương án khác nữa, tín hiệu dẫn động 130 có thể là tiếng kêu hoặc dạng sóng tùy ý. Đối với các mục đích của ứng dụng này, tiếng kêu nhỏ là tín hiệu trong đó tần số của tín hiệu được quét một cách liên tục ở tốc độ đã được xác định. Tốc độ này có thể là hàm tuyến tính hoặc không tuyến tính.

Phần mô tả trên đây mô tả ở mức độ cao cách mà hệ thống hoạt động. Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này sẽ hiểu rằng có nhiều cơ cấu điện tử thích hợp. Ví dụ, mạch phát hiện và điều khiển cộng hưởng 160 thích hợp có thể được thực hiện theo nhiều cách khác nhau. Theo hai phương án, như được thể hiện trên Fig.24 và Fig.25,

mạch phát hiện và điều khiển cộng hưởng 560 có thể bao gồm mạch biến đổi Fourier nhanh. Theo phương án trên Fig.24, mạch FFT tùy biến 2400 được kết hợp với bộ chuyển đổi tương tự thành số (ADC) 2410. Theo phương án trên Fig.25, mạch phát hiện và điều khiển cộng hưởng 560 có thể bao gồm ADC 2500 được kết hợp với FFT số 2510. FFT số có thể tốt hơn so với FFT tương tự do dễ dàng thực hiện trong bộ vi xử lý hoặc bộ vi điều khiển tiêu chuẩn, như bộ vi xử lý PIC.

Theo phương án khác nữa, như được thể hiện trên Fig.26, mạch phát hiện và điều khiển cộng hưởng 560 có thể nhận tín hiệu đầu ra 580 sau khi nó được khuếch đại trong giai đoạn bộ tiền khuếch đại 2630. Mạch phát hiện và điều khiển cộng hưởng 560, theo phương án này, bao gồm cơ cấu trộn 2600 được ghép cặp với cơ cấu tích hợp 2610. Cơ cấu trộn 2600 có thể là dạng bất kỳ của mạch số hoặc tương tự có khả năng nhân lên gấp bội tín hiệu dẫn động 530 và tín hiệu được đo 580. Việc thực hiện này tốt hơn là có thể ở các trạng thái đòi hỏi việc xử lý rất nhanh, như cơ cấu trộn có thể có khả năng thực hiện việc tính toán theo thời gian thực. Cơ cấu tích hợp 2610 sau đó có thể được ghép cặp với ADC 2620 hoặc mạch đo hoặc hiệu chỉnh biên độ khác bất kỳ.

Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này sẽ hiểu rằng, phụ thuộc vào các đặc điểm của toàn bộ hệ thống, có thể mong muốn bao gồm một số thành phần tiền xử lý tùy ý nhất định. Ví dụ, như được thể hiện trên Fig.26, và như được mô tả trên đây, có thể mong muốn thay thế bộ tiền khuếch đại 2630 giữa bộ truyền động áp điện 540 và mạch phát hiện và điều khiển cộng hưởng 560 sao cho tín hiệu được đo 580 và/hoặc tín hiệu dẫn động 530 được khuếch đại trước khi xử lý. Theo cách khác, cơ cấu dẫn động điện trở hoặc điện dung (không được thể hiện trên hình vẽ) có thể được kết hợp với mạch phát hiện và điều khiển cộng hưởng 560 để, ví dụ ngăn ngừa sự chuyển đổi dữ liệu đầu ra 580 của bộ truyền động áp điện 540 thành điện áp thích hợp đối với đầu vào đối với các thành phần sử dụng mạch phát hiện và điều khiển cộng hưởng 560. Các tác giả sáng chế sẽ hiểu được rằng các thành phần này còn có thể mong muốn đối với các hoạt động khác, bao gồm nhưng không chỉ giới hạn ở các hoạt động được thể hiện trên Fig.24 và Fig.25.

Fig.27 là sơ đồ khối của một phương án của mạch phát hiện tần số cộng hưởng theo sáng chế. Như được thể hiện trên Fig.27, chi tiết áp điện (hoặc áp điện) 540 được kết hợp với trở kháng cách điện 2740, FET lấy mẫu 2750, tụ điện 2760 và ADC 2720.

FET lấy mẫu 2750 có thể được sử dụng để duy trì mạch trong khoảng động lực học của nó, nhờ đó bảo đảm rằng mạch vận hành trong khoảng vận hành tuyến tính của nó. Trở kháng cách điện 2740 có thể tạo kết cấu để cho phép tín hiệu dẫn động (ví dụ, 45V tín hiệu dẫn động) được tách biệt với điểm A giữa trở kháng cách điện 2740 và FET lấy mẫu 2750, tụ điện 2760 và ADC 2720, sao cho điểm A không thể lớn hơn điện áp giới hạn cụ thể (ví dụ, 3V), để bảo vệ các thành phần khác bao gồm ADC 2720.

Do đó, tín hiệu dẫn động có thể nằm trong khoảng đến điện áp tín hiệu SV (ví dụ, khoảng 45V), như được thể hiện bởi dữ liệu đầu ra sóng vuông với áp điện 540. Tiếp theo tín hiệu dẫn động, tín hiệu TEP (được mô tả bởi sóng sụt) được tạo ra bởi áp điện 540. Tín hiệu này chuyển qua trở kháng cách điện để thể hiện phiên bản biên độ giảm ở điểm A. Điện áp ở điểm giới hạn điện áp hoặc cách điện A, như được xác định giữa trở kháng cách điện 2740 và một hoặc nhiều FET lấy mẫu 2750, tụ điện 2750 và ADC 2720, có giá trị tối đa MV (ví dụ, khoảng 3V). Tín hiệu kết quả năng lượng theo thời gian (TEP) cũng được thể hiện, đối với sự phát hiện và mô tả sự cộng hưởng áp điện, như được mô tả trong bản mô tả này, và như được mô tả trong các tài liệu tham chiếu được đưa ra trong bản mô tả này. Để có thể phân tích các mẫu rời rạc của tín hiệu dẫn động, FET lấy mẫu 2750 được tắt hoặc bật theo cách chọn lọc. Dựa vào phần mô tả trên đây, sẽ được đánh giá cao rằng TEP (kết quả năng lượng theo thời gian) là năng lượng được lưu trữ trong tổ hợp áp điện/màng, nghĩa là trong cơ cấu phun được làm đầy chất lưu. Phụ thuộc vào yếu tố chất lượng của phương thức, nhiều hoặc ít năng lượng sẽ được lưu trữ. Việc giảm ít hơn theo phương thức, hệ thống sẽ tiếp tục di chuyển lâu hơn sau khi tín hiệu dẫn động kết thúc. Điều này có nghĩa rằng áp điện sẽ tạo ra tín hiệu sau khi tín hiệu dẫn động được tắt (dựa trên mạch nạp tải). Do đó, trong thời gian vòng xuống này, tín hiệu được tạo ra sẽ có biên độ tối đa và thời gian tạo vòng dựa trên yếu tố chất lượng của phương thức và liệu có hay không phương thức áp điện hoặc phương thức hệ thống (màng). Tín hiệu TEP nạp điện cho tụ điện và được sử dụng bởi bộ chuyển đổi từ tương tự thành số (ADC) 2720 để xác định thời gian vòng xuống. Do đó, tín hiệu TEP có thể được hiệu chỉnh hoặc được tích hợp để xác định sự lưu trữ năng lượng theo phương thức.

Fig.28 thể hiện các thành phần được chọn của một phương án của mạch phát hiện và điều khiển cộng hưởng 560 với cơ cấu chuyển mạch tùy ý 2800. Cơ cấu chuyển mạch

2800 có thể được sử dụng để chọn lọc giữa dữ liệu đầu vào một cách trực tiếp đối với ADC 2810 hoặc thứ nhất thông qua bộ tiền khuếch đại 2820, cơ cấu trộn 2830 và cơ cấu tích hợp 2840. Khi mạch phát hiện và điều khiển cộng hưởng 560 đầy đủ được cho phép, NCO hoặc cơ cấu dao động được mở theo phương thức tần số đơn lẻ và được quét theo tần số. Nếu dữ liệu đầu ra của mạch phát hiện và điều khiển cộng hưởng 2810 lớn hơn giá trị được xác định hoặc tối đa, thì nó xác định tính cộng hưởng. Cường độ cộng hưởng được xác định bởi biên độ của dữ liệu đầu ra của mạch phát hiện và điều khiển cộng hưởng 2810. Bộ chuyển đổi tăng thế (không được thể hiện trên hình vẽ) được điều khiển bởi cơ cấu dao động tạo cổng sử dụng cơ cấu chuyển đổi từ tương tự sang số (ADC) để lấy mẫu điện áp đầu ra. Trong trường hợp cuộn cảm được bổ sung vào dữ liệu đầu ra cầu đầy đủ, bộ truyền động điện áp của áp điện được kiểm tra để điều khiển dữ liệu đầu ra điện áp tăng thế. Dữ liệu đầu ra điện áp tăng thế còn được khuếch đại bởi bộ chuyển đổi cộng hưởng được tạo ra bởi áp điện và các cuộn cảm mà không làm tăng dòng điện đầu vào đối lập với việc khớp cộng hưởng thông thường mà dẫn đến việc truyền điện thực tốt hơn là việc lưu trữ năng lượng trong các thành phần cộng hưởng. Theo phương án này, mạch đo được thực hiện dưới dạng cơ cấu phân chia điện trở và bộ phát hiện đỉnh, mà được sử dụng để kiểm tra điện áp trong mạch, cả hai để điều khiển điện áp và cả trong việc quét yếu tố chất lượng với các mạch cộng hưởng điện. Việc này nạp ADC. TEP có thể không được sử dụng với bộ chuyển đổi cộng hưởng do tính cộng hưởng điện là bậc biên độ mạnh hơn.

Theo phương án khác, với việc tham chiếu đến Fig.18, mạch phát hiện và điều khiển cộng hưởng vận hành sao cho thiết bị kênh N, T7, được bật qua toàn bộ chu kỳ vận hành cầu đầy đủ để nối đất nút đo trong khi điện áp dẫn động ở mức cao được áp dụng cho bộ truyền động áp điện (cơ cấu phun) được hoạt hóa (để bảo vệ ADC). Khi tín hiệu dẫn động điện áp ở mức cao ngừng, các thiết bị kênh N T5 và T6 được cho phép (bật) để làm ngắn một cách tạm thời bộ truyền động áp điện. Điều này dẫn điện áp dẫn động ở mức cao vào bộ truyền động áp điện (mà che phủ điện áp di chuyển áp điện) và cho phép điện áp được gây ra bởi sự di chuyển của cơ cấu truyền động để không được phủ và được dẫn đến nút ADC. Thiết bị kênh N T5 là đối với toàn bộ chu kỳ đo, trong khi T6 là không cho phép (tắt) sau khi rút ngắn khoảng thời gian (1ns-50us) để tạo ra sự di chuyển áp điện đến dữ liệu đầu ra điện áp với nút ADC. Không mong muốn rút ngắn T6, năng

lượng không nhất thiết được dẫn đến cửa đo ADC. Khi T6 bị làm mất khả năng, thì T7 cũng bị làm mất khả năng, cho phép dữ liệu đầu ra của áp điện đến điện áp được chia bởi $R3/(R2+R3)$ và được tích hợp bởi điện dung từ C1 và T7. Các mẫu ADC, điện áp ở thời gian định trước sau T7 bị ngừng, thường nằm trong khoảng từ $1\mu s$ đến $500\mu s$. Tranzito T7 có thể được chuyển mạch ở tốc độ tín hiệu dẫn động gốc để hiệu chỉnh với tần số cụ thể.

Các ví dụ về tín hiệu dẫn động được thể hiện trên Fig.29, đối với cả hai phía của bộ truyền động áp điện và các tín hiệu tương ứng được áp dụng cho T5, T6, và T7. Trình tự này và phép đo ADC có thể được thực hiện ở các bước tần số được xác định từ 1Hz đến 150MHz, ví dụ, 150kHz, 10MHz, v.v.. Giá trị tích hợp lớn nhất có thể được chọn như tần số phun, mặc dù sự hiệu chỉnh toán học đề cập đến các động lực học phun cụ thể có thể được áp dụng (như sự gia tăng tốc độ phun với tần số và áp điện đối với sự dịch chuyển phương thức màng dịch chuyển) và hệ số kết hợp điện áp có thể được áp dụng để làm cho cơ cấu chính xác hơn.

Theo một phương án, hệ điện cơ theo sáng chế có thể xác định tần số và yếu tố chất lượng của sự cộng hưởng của nó. Theo phương án khác, hệ điện cơ như được mô tả trong bản mô tả này có thể cho phép hiệu chỉnh tính cộng hưởng của nó do chúng thay đổi do việc nạp tải cơ học, áp dụng tín hiệu dẫn động, và nhiệt độ môi trường hoặc tổ hợp bất kỳ của chúng. Các khía cạnh này và việc hiệu chỉnh cộng hưởng có thể được hoàn thành mà không cần điện cực hồi tiếp, việc sử dụng của nó mà có thể tác động đến việc tạo giọt nhỏ, hiệu quả và sự lắng đọng khối lượng đối với đích mong muốn trong hệ thống phun chất lưu. Các lợi ích bổ sung trong các ứng dụng cụ thể cũng có thể được nhận biết theo sáng chế.

Ví dụ, theo một số phương án, việc hiệu chỉnh cộng hưởng được mô tả trong bản mô tả này có thể được sử dụng theo bất kỳ trong số các thiết bị tạo giọt nhỏ của sáng chế. Thiết bị tạo giọt do đó có thể được tạo ra để mang nó trở lại phương thức cộng hưởng. Các thiết bị duy trì trong thời gian ngắn ở các tần số khác nhau là được sử dụng để ánh xạ biên độ cộng hưởng ngang qua khoảng tần số. (Khoảng tần số này có thể được tính toán bằng cách xác định vi sai thống kê tối đa giữa các phần trong khi chế tạo/sản xuất.) Dữ liệu đầu ra sau khi phun có thể được so với việc ánh xạ gốc của cơ cấu tạo giọt nhỏ

để cố định sự chuyển dịch đối với việc kiểm tra phun. Theo cách sử dụng này, việc hiệu chỉnh sự cộng hưởng có thể được hoàn thiện mà không cần điện cực hồi tiếp, mà có thể có tác dụng làm giảm sự lắng đọng khối lượng trong cơ cấu phun chất lưu như được mô tả trong bản mô tả này.

Cơ cấu phun cách điện (mạch linh hoạt lớp kép, 50 μ m SS316L hình khuyên, được phủ vàng 40 $\times$ 160, chi tiết phun lỗ 57, 19mm OD $\times$ độ dày 13mm ID 250 μ m PZT) được dẫn động để phun ở các tần số từ 10kHz đến 150kHz. Sự lắng đọng khối lượng và dạng sóng điện được ghi chép ở mỗi tần số ở cùng trường hợp.

Mức độ dịch chuyển mạch dẫn động được thể hiện trên Fig.30 được dẫn động bởi MICROCHIP PIC16LF1503 từ cơ cấu tạo dạng sóng bù bên trong. Cơ cấu dẫn động dịch chuyển mức độ cao dẫn động cầu đầy đủ mà truyền động chi tiết áp điện. MICROCHIP PIC16LF1503 chờ 10 giây giữa mỗi tần số để cho phép thang OHAUS PA214 đạt đến sự cân bằng trong quá trình đo sự lắng đọng khối lượng. Microchip PIC16LF1503 cũng tạo ra tất cả các tín hiệu dẫn động cần thiết (đối với T5-T7 được kể đến trên Fig.18). Các tín hiệu điện được ghi chép trên máy nghiệm dao động AGILIENT 3014A và tiếp theo được xử lý trong MATLAB bằng cách tích hợp tín hiệu đến thời gian đo của PIC16LF1503 để chứng minh việc vận hành của phép đo cộng hưởng và điều khiển (thực hiện bộ lọc số tương tự khác nhau để xác định các thành phần mạch tối ưu).

Tín hiệu đầu ra áp điện được tích hợp, 30 μ s lấy mẫu từ thời gian khi T7 được ngừng, hiệu chỉnh một cách chặt chẽ sự di chuyển và sự lắng đọng khối lượng cơ học qua tần số, như được thể hiện trên Fig.31 và Fig.32. Fig.31 thể hiện sự lắng đọng khối lượng theo phương thức màng và phương thức áp điện, trong khi Fig.32 thể hiện dữ liệu đầu ra đo cộng hưởng. Dữ liệu đầu ra lớn hơn đối với phương thức áp điện (trong đó chỉ có bộ truyền động áp điện có liên quan) như đối diện với phương thức màng (trong đó cơ cấu truyền động được ghép cặp với màng, mà có thể tạo ra dạng cơ cấu phun được nạp đầy chất lưu), và phải được hiệu chỉnh bằng cách sử dụng sự di chuyển đến tham số ghép cặp điện áp đối với phương thức áp điện và phương thức màng. Các tham số kết hợp được xác định bởi việc kích thích hình sin của cơ cấu truyền động và đo sự di chuyển bằng cách sử dụng kính hiển vi toàn ký số (DHM). Các tham số kết hợp đơn giản chia tỷ lệ dẫn đến vùng tần số đã nêu (xác định trọng lượng chúng) để tạo ra sự phun tối ưu. Hơn

nữa, tần số và biên độ di chuyển có thể được sử dụng để tính toán tốc độ phun mà có thể được sử dụng để xác định việc phun tối ưu. Mạch có thể được sử dụng mà không cần hiệu chỉnh nếu việc vận hành được giới hạn đến các phương thức áp điện hoặc màng, nghĩa là việc vận hành hỗn hợp là không được cho phép. Mạch chỉ hiệu chỉnh sự dịch chuyển của hệ thống, mà được hiệu chỉnh một cách chặt chẽ với việc phun. Việc ước tính sự phun chính xác đòi hỏi việc ước tính hằng số và vận tốc. Việc đo cộng hưởng và hệ thống điều khiển có thể được tạo kết cấu theo cách này.

Trong khi các phương án cụ thể đã được mô tả trên đây để xác định và tạo ra các tín hiệu cộng hưởng đối với cơ cấu truyền động (phương thức áp điện) hoặc đối với cơ cấu phun (phương thức màng), sẽ được hiểu bởi người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này rằng các thay đổi khác nhau có thể được tạo ra và các thể tương đương có thể được thay thế đối với các yếu tố của nó, mà không lệch khỏi tinh thần và phạm vi của sáng chế. Ngoài ra, các biến đổi có thể được tạo ra mà không lệch khỏi sáng chế với các trường hợp và vật liệu cụ thể, mà không lệch khỏi phạm vi của sáng chế.

Trong khi phần mô tả trên đây mô tả giá trị xác định và sử dụng các tần số cộng hưởng trong việc dẫn động bộ truyền động áp điện, tín hiệu dẫn động cụ thể hoặc dạng sóng dẫn động cũng tác động đến độ ổn định và khả năng lặp lại của thiết bị phun bằng cách tác động đến việc tạo hạt và làm ướt ở phía trước hoặc bề mặt trước của cơ cấu phun.

Fig.33 là sơ đồ mạch giản lược của một phương án của mạch 3300 để thực hiện hệ thống tạo giọt nhỏ theo bất kỳ trong số các kết cấu được mô tả trên đây. Theo phương án cụ thể, mạch 3300 được tạo kết cấu đối với việc thực hiện tăng thế dao động tạo cổng của cơ cấu dẫn động, ví dụ cơ cấu dẫn động 520, như được mô tả trong bản mô tả này, và như được bộc lộ trong các tài liệu tham chiếu.

Như được thể hiện trên Fig.33, mạch 3300 bao gồm một hoặc nhiều thành phần điện tử bổ sung, bao gồm nhưng không chỉ giới hạn ở, các thành phần chuyển mạch S1–S4, tụ điện C1–C4, điốt D1, cơ cấu so sánh U1, cơ cấu chuyển đổi U3, mạch điều biến chiều rộng xung (PWM), mà bao gồm cơ cấu tạo vỏ bọc PW V2, bộ chuyển đổi U5–U6, NAND logic tạo cổng U2 và U4, và NOR tạo cổng U8, điều khiển cổng của tranzito Q1 để điều khiển cơ cấu so sánh U1 nạp mạch PWM và để điều khiển điện áp đến đường

điện chuyển mạch S1-S4. Các thành phần bổ sung này được sử dụng để làm trễ, dịch chuyển pha, tạo cổng, cộng gộp, tăng thế tín hiệu và các tác động điều kiện điện và tín hiệu để tạo tín hiệu PWM được điều biến chiều rộng xung để dẫn động cơ cấu truyền động, ví dụ, cơ cấu truyền động 540 được mô tả trên đây. Cơ cấu nạp tải cơ học, ví dụ, cơ cấu nạp tải 550 có thể bao gồm, ví dụ, cơ cấu truyền động được gắn vào tấm phun được nạp chất lưu hoặc tấm phun được kết hợp với tấm tạo được nạp chất lưu dựa trên tín hiệu cơ cấu dao động được điều khiển về số lượng một âm thanh hoặc đa âm thanh (NCO), như được mô tả trên đây.

Fig.34A, Fig.34B là biểu đồ về dạng sóng giãn của chất lưu với thời gian bằng cách sử dụng một phương án của thiết bị của sáng chế. Điện đưa tín hiệu dẫn động được phân phối theo hai đợt, khoảng từ 25ms đến hơn 25,5ms trên trục thời gian (năm ngang) và khoảng từ 27,5ms đến 28ms trên trục thời gian.

Như được thể hiện trên Fig.34A, tín hiệu EMF lùi cho phép tín hiệu dẫn động và sau đó sụt với thang thời gian đặc trưng vài phần mười mili giây, ví dụ với hằng số sụt theo số mũ trong khoảng từ 0,1 đến 0,5ms, hoặc khoảng từ 0,2 đến 0,3ms. Kết quả là, có thể có sự phun chất lưu từ thiết bị sau khi tín hiệu dẫn động kết thúc. Cũng có thể là độ dốc dư mà sụt trên một số thang thời gian lâu hơn nữa khoảng 1ms hoặc nhiều hơn, như được thể hiện bởi việc phân tách giữa các điện đưa tín hiệu dẫn động (ở zêro) và tín hiệu EMF lùi giữa các chổi thứ nhất và thứ hai.

Fig.34B là hình vẽ phóng to của biểu đồ dạng sóng giãn của chất lưu trên Fig.34A, thể hiện vòng xuống EMF lùi sau khi kết thúc tín hiệu dẫn động. Như được thể hiện trên Fig.34B, có thể có sự di chuyển cơ bản của tấm phun sau khi kết thúc tín hiệu dẫn động, dẫn đến sự hình thành giọt nhỏ liên tục như được mô tả trên đây. Cũng có sự dịch chuyển pha giữa tín hiệu dẫn động và EMF lùi, mà có thể làm cho tấm phun được nạp chất lưu di chuyển để trễ (hoặc trong trường hợp này, dẫn) dạng sóng của tín hiệu dẫn động.

Trước khi kích thích bởi dạng sóng dẫn động, tấm phun bắt đầu từ trạng thái nghỉ, trong đó không có sự di chuyển cơ học. Như tín hiệu dẫn động điện được áp dụng để gây ra sự di chuyển, có thời gian trễ giới hạn trước khi các giọt nhỏ được phun. Khi có nhiều hơn một phần mở trong cơ cấu tạo giọt nhỏ, mỗi phần mở có thể có đặc điểm khác nhau

để đạt đến tốc độ cần thiết đối với việc phun chất lưu, phụ thuộc vào phương thức dao động (hoặc các phương thức) và tần số cộng hưởng tương ứng (hoặc các tần số). Do đó, thời gian dẫn đặc trưng trước khi hình thành giọt nhỏ là hàm của điện áp dẫn động, tần số, vị trí khe hở và dạng dao động riêng, như được xác định bằng cách làm dao động tấm phun hoặc cơ cấu tạo giọt nhỏ.

Khi chất lưu được biểu diễn qua phần mở trước khi đạt đến tốc độ đủ để tạo giọt nhỏ, việc tạo hạt có thể tạo ra, còn làm trễ sự khởi phát hình thành giọt nhỏ và làm giảm sự lắng đọng khối lượng và sự phân phối chất lưu. Việc tạo hạt chất lưu cũng có thể làm tăng động lượng tấm phun được làm ướt, kéo dài thời gian vòng xuống đặc trưng sau khi kết thúc tín hiệu dẫn động.

Để làm giảm việc tạo hạt, hệ thống phun có thể được dẫn động trong thời gian được chọn, trong bản mô tả này cũng được gọi là chiều dài dẫn động liên tục. Cụ thể là, thời gian có thể được chọn đối với tấm phun để đạt đến tốc độ đủ để phun một (hoặc nhiều) giọt nhỏ từ một hoặc nhiều phần mở được định vị ở các vị trí khác nhau trên cơ cấu tạo giọt nhỏ, hoặc trong vùng phun trong vùng trung tâm của tấm phun, phụ thuộc vào dạng dao động riêng của kết cấu cụ thể. Theo một khía cạnh của sáng chế, tín hiệu dẫn động có thể được chọn để vận hành theo phương thức giọt nhỏ đòi hỏi. Theo phương thức này, cơ cấu truyền động được dẫn động trong một số chu kỳ được xác định bởi các đặc tính chất lưu, sau đó sự dẫn động ngừng để cho phép hệ giãn, sau đó trình tự dẫn động liên tiếp được lặp lại. Điều này có thể được thực hiện nhiều lần mong muốn để đạt được việc truyền khối lượng chất lưu mong muốn. Phương thức giọt nhỏ theo yêu cầu có tác dụng làm giảm việc tạo hạt chất lưu và do đó làm giảm động lượng của cơ cấu phun, nhờ đó làm tăng việc truyền khối lượng thành dòng giọt nhỏ và làm giảm thời gian vòng xuống sau khi tín hiệu dẫn động bị cắt. Chiều dài dẫn động liên tục cũng được chọn phụ thuộc vào lượng mong muốn, độ nhớt chất lưu, phương thức dao động và kết cấu cơ cấu phun và các tham số khác và có thể thay đổi khoảng từ 1ms hoặc nhỏ hơn đến khoảng 10ms hoặc lớn hơn hoặc nằm trong khoảng từ 1 đến 2ms hoặc nhỏ hơn hoặc khoảng từ 2 đến 5ms hoặc lớn hơn.

Việc tạo hạt chất lưu có thể được giảm hoặc được ngăn chặn bằng cách dẫn động bộ truyền động áp điện trong nhiều chu kỳ được chọn, đủ đối với một hoặc nhiều giọt

nhỏ được phun từ một hoặc nhiều phần mở. Nhiều chu kỳ cũng được chọn dựa trên các tham số bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở, lượng mong muốn, độ nhớt chất lưu, phương thức dao động và kết cấu cơ cấu phun, ví dụ nằm trong khoảng từ 1 chu kỳ đến 10 chu kỳ, ví dụ, nằm trong khoảng từ 2 đến 5 chu kỳ. Theo cách khác, cơ cấu truyền động 1604 có thể được dẫn động trong 10 chu kỳ hoặc nhiều hơn, ví dụ khoảng từ 10 đến 20 chu kỳ, hoặc nằm trong khoảng từ 10 đến 60 chu kỳ hoặc nhiều hơn, ví dụ khoảng 10, 20, 30, 40, 50 hoặc 60 chu kỳ.

Theo các ứng dụng khác, việc phun chất lưu liên tiếp qua việc phun tia là cần thiết để phân phối thể tích chất lưu tương đối lớn (ví dụ, nằm trong khoảng từ 0,5 đến 30 μl hoặc lớn hơn). Việc phun theo phương thức liên tục (tức là, với tín hiệu dẫn động liên tục), tuy nhiên, cũng có thể dẫn đến việc tạo hạt. Mong muốn bị giới hạn bởi lý thuyết cụ thể bất kỳ, việc tạo hạt có thể xuất hiện, ví dụ do việc phun tia hỗn loạn, việc bắt giữ lại giọt nhỏ vệ tinh, việc gây ra và hiệu quả nạp điện, như được mô tả trên đây. Khi hạt chất lưu tạo ra trong phần mở, hơn nữa, thể tích chất lưu kém có thể có xu hướng gia tăng trong các chu kỳ bổ sung của cơ cấu truyền động, ví dụ qua hoạt động bơm và hoạt động thủy động lực học có liên quan. Việc bơm liên tiếp cuối cùng có thể dẫn đến việc làm ướt trên bề mặt ở xa của tấm phun dao động (hoặc tấm tạo giọt nhỏ), dẫn đến động lượng tăng, sự hấp dẫn Coulomb và hiệu quả điện cơ có liên quan.

Bộ truyền động áp điện cũng có thể được dẫn động trong nhiều chu kỳ được chọn tiếp theo khoảng thời gian giữa các tín hiệu dẫn động, mà có thể khác biệt ở chỗ khoảng thời gian phục hồi hoặc thời gian phục hồi. Việc ngừng điện áp dẫn động dao động trong khoảng thời gian phục hồi dẫn đến việc sụt dao động tấm phun được làm đầy chất lưu, trong khoảng thời gian vòng xuống đặc trưng. Thời gian vòng xuống phụ thuộc, ví dụ vào biên độ của tấm phun và sự di chuyển của cơ cấu truyền động và hệ phun được làm ướt chất lưu. Phụ thuộc vào ứng dụng, thời gian phục hồi được chọn dựa trên thời gian vòng xuống có thể làm giảm việc tạo hạt. Việc dẫn động gián đoạn này của cơ cấu truyền động sẽ được đề cập trong bản mô tả này dưới dạng phương thức vận hành tạo xung. Tốc độ phun khối lượng (trên đơn vị thời gian) có thể được giảm theo phương thức vận hành tạo xung, phụ thuộc vào chiều rộng xung dẫn động và thời gian phục hồi, ví dụ bởi

khoảng một phần ba, khoảng một nửa, hoặc khoảng hai phần ba, khi được so với phương thức vận hành phun liên tục.

Theo một số phương án, sự di chuyển của bộ truyền động áp điện sau khi dừng tín hiệu dẫn động có thể được kiểm soát bằng cách phát hiện EMF lùi (hoặc điện áp lùi) được gây ra bởi sự di chuyển dư của bộ truyền động áp điện, mà được kết hợp theo cách cơ học vào tấm phun. Ví dụ, EMF lùi có thể được kiểm soát qua lớp kim loại hóa hoặc bộ cảm biến điện tử được tách biệt về mặt điện với bề mặt cơ cấu truyền động, như được mô tả trên đây trên Fig.4, hoặc bằng cách sử dụng điện áp lùi được gây ra trên mạch tín hiệu dẫn động, ví dụ qua điện cực dẫn động hoặc lớp dẫn điện khác tiếp xúc trực tiếp với bề mặt cơ cấu truyền động.

Thời gian vòng xuống do đó có thể được xác định bởi thời gian được đòi hỏi đối với tấm phun dư và sự dao động chất lưu để làm giảm ngưỡng cụ thể, dựa trên tín hiệu EMF lùi. Điều này có lợi so với việc áp dụng thời gian giãn cố định, do thời gian giãn được điều chỉnh một cách tự động đối với sự hình thành giọt nhỏ, sự làm ướt, độ nhớt chất lưu và các yếu tố khác, dựa trên tác dụng đối với thời gian vòng xuống của cơ cấu phun bị ướt bởi chất lưu.

Ví dụ, thời gian phục hồi có thể được xác định bởi thời gian được đòi hỏi cho điện áp EMF lùi trở nên nhỏ hơn đoạn được chọn có giá trị ban đầu của nó, khi ngừng tín hiệu dẫn động, ví dụ khoảng một phần mười (10%) giá trị ban đầu. Theo cách khác, đoạn khác nhau có thể được chọn, ví dụ khoảng một phần hai mươi (5%) hoặc nhỏ hơn, hoặc khoảng một phần năm (20%), khoảng một phần ba (33%), khoảng một nửa (50%), tỷ lệ khác nhau như $1/e$, hoặc tổ hợp của chúng. Theo các ứng dụng bổ sung, thời gian giãn có thể được chọn dựa trên ngưỡng tuyệt đối, ví dụ dựa trên việc hiệu chỉnh tín hiệu EMF lùi đến biên độ được chọn hoặc tốc độ dao động đối với tấm phun được nạp chất lưu.

Fig.35 là hình vẽ biểu đồ biên độ với thời gian của dạng sóng tín hiệu dẫn động và dạng sóng di chuyển áp điện tương ứng, thể hiện sự chuyển dịch pha giữa hai dạng sóng theo thời gian. Mỗi trong số các hình vẽ từ Fig.35A đến Fig.35D thể hiện phương pháp khác nhau để tạo ra tín hiệu giảm vòng xuống để làm giảm sự di chuyển dư sau khi kết thúc tín hiệu dẫn động. Dạng sóng hủy bỏ có thể được tạo ra ở dạng tín hiệu giảm hoặc hãm hoạt động, dựa trên biên độ được quan sát và pha tín hiệu hồi tiếp vòng xuống. Ví

dụ trên Fig.35A, tín hiệu hủy bỏ đơn giản bao gồm việc tạo ra nửa sóng mà đối lập với hoặc được chuyển dịch pha 180° đối với tín hiệu sóng gốc. Trên Fig.35B, ngoài việc tạo ra nửa sóng đối lập, biên độ của dạng sóng đối lập được điều chỉnh. Trên Fig.35C, nửa sóng đối lập cũng là thời gian được chuyển dịch để đạt được sự chuyển dịch pha bổ sung. Trên Fig.35D, xung nhỏ của pha đối diện và tần số cao hơn được tạo ra.

Nói chung, tín hiệu giảm có thể được chuyển dịch trong pha đối với tín hiệu dẫn động, và giảm về biên độ (tổ hợp của Fig.35B và Fig.35C). Biên độ được xác định dựa trên biên độ của tín hiệu EMF lùi, ví dụ sử dụng bộ cảm biến cơ cấu truyền động hoặc điện áp lùi trong mạch dẫn động để tạo ra tín hiệu vòng xuống hoặc tín hiệu hồi tiếp 580 đối với mạch phát hiện và điều khiển cộng hưởng 560, như được thể hiện trong hệ áp điện trên đây. Dạng sóng giãn và phân tích vòng xuống được thực hiện trên tín hiệu EMF lùi để tạo ra tín hiệu giảm được điều biến theo chiều rộng xung (PWM) với biên độ thích hợp và độ trễ pha, ví dụ như được mô tả trên đây đối với các thành phần khác nhau của mạch 3300 trên Fig.33.

Phụ thuộc vào ứng dụng, sự dao động chất lưu trên cơ cấu tạo giảm có thể hoặc có thể không xảy ra ở cùng tần số như sự dao động vòng xuống của tự bản thân tấm phun. Đến mức độ mà điều này xảy ra, hoặc trong trường hợp bất kỳ mà nhiều phương thức được kích thích, tín hiệu EMF lùi sẽ thể hiện đa tần số và đột, như được mô tả dưới đây và tín hiệu giảm hoạt động có thể được biến đổi một cách tương ứng, ví dụ bằng cách tạo ra tổ hợp của hai hoặc nhiều tín hiệu giảm khác nhau với biên độ, pha và tần số khác nhau.

Theo cách khác, tín hiệu xung ngắn đơn hoặc “tiếng kêu” có thể được sử dụng, dựa trên mức độ phức tạp tín hiệu mong muốn và hiệu quả được đòi hỏi đối tín hiệu vòng xuống. Ví dụ, tín hiệu hủy bỏ hoặc giảm “đối pha” có thể được áp dụng, dựa trên pha của tự bản thân dạng sóng dẫn động hoặc dựa trên việc xác định thời gian của tín hiệu EMF lùi. Trong ứng dụng này, tín hiệu giảm có cực đối diện nhỏ hơn có thể được tạo ra với việc định thời và biên độ được chọn để hấp thụ hoặc hủy bỏ năng lượng dao động dư và làm cho cơ cấu truyền động và cơ cấu nạp tải bị hãm theo cách tương tự với cách của phương tiện giao thông.

Khi tín hiệu dạng sóng hủy bỏ hoặc tín hiệu giảm hoạt động (hãm) bất kỳ được áp dụng, thời gian phục hồi có thể được sử dụng trước khi áp dụng tín hiệu dẫn động khác, như được mô tả trên đây. Do đó, cơ cấu tạo giọt nhỏ có thể được dẫn động theo phương thức xung hoặc xung liên tiếp, có hoặc không có việc giảm dạng sóng tiếp theo mỗi xung.

Các giọt nhỏ cũng có thể được tạo ra theo phương thức xung đơn lẻ, với việc phân phối chất lưu qua dạng sóng dẫn động giới hạn, đơn kéo dài qua nhiều chu kỳ cụ thể, có hoặc không có tín hiệu giảm hoạt động tiếp theo. Theo phương thức vận hành xung đơn lẻ này, thời gian giãn có thể được xét đến tùy ý, mở rộng cho đến khi sự hoạt hóa của thiết bị được mỗi một cách độc lập (ví dụ, được chọn bởi người dùng).

Do đó, các phương pháp khác nhau có thể được sử dụng để tạo tín hiệu giảm. Ví dụ, dạng sóng có biên độ bằng nhau có thể được áp dụng, với biên độ dựa trên năng lượng được lưu trữ trong áp điện và chuyển dịch pha 180° (tính phân cực đối lập) dựa trên pha tín hiệu EMF lùi. Theo cách khác, một hoặc nhiều xung biên độ không bằng nhau có thể được áp dụng với tính phân cực đối lập hoặc sự chuyển dịch pha khác nhau, dựa trên điện áp cấp dương tính hoặc âm tính có sẵn. Trong dạng sóng xung đơn hoặc giảm “tiếng kêu”, năng lượng trong dạng sóng có thể được chọn để khớp năng lượng của tấm phun được nạp chất lưu và cơ cấu truyền động và được phân phối với tính có cực đối lập hoặc sự chuyển dịch pha khác được chọn đối với sự hấp thụ năng lượng tối đa, sử dụng cân bằng năng lượng theo thời gian cân bằng để hủy bỏ các dao động dư và làm giảm thời gian theo vòng xuống.

Theo phương thức vận hành tạo xung hoặc “chu kỳ giới hạn”, cơ cấu truyền động có thể được dẫn động trong nhiều chu kỳ giới hạn, ít hơn thời gian tạo hạt đặc trưng của hệ thống phun, tiếp theo thời gian giãn dựa trên thời gian vòng xuống đặc trưng và được lặp lại nếu cần đến lượng chất lưu hoặc sự lắng đọng khối lượng mong muốn. Trong khi việc phun khối lượng trên đơn vị thời gian được giảm theo danh nghĩa, như được mô tả trên đây, điều này có thể là do độ lệch bởi các lợi ích tạo hạt giảm. Thời gian phục hồi hoặc “chết” giữa các xung phân phối có thể được giảm bằng việc áp dụng tín hiệu giảm thích hợp.

Theo phương thức này, cơ cấu tạo giọt nhỏ có thể được dẫn động trong nhiều chu kỳ giới hạn ít hơn thời gian tạo hạt đặc trưng của hệ tấm phun, tiếp theo bằng việc áp dụng dạng sóng đối pha (tính phân cực đối lập), dựa trên pha tương ứng của tín hiệu EMF lùi. Biên độ và pha có thể được chọn đối với sự cân bằng năng lượng, để hấp thụ đoạn cơ bản của năng lượng dao động dư trong xung đơn lẻ hoặc biên độ và pha có thể thay đổi, như được mô tả trên đây. Dạng sóng giảm hoặc tín hiệu “hãm” có thể được điều khiển để làm giảm sự di chuyển của cơ cấu truyền động và màng tấm phun, tiếp theo vòng xuống bổ sung của tự bản thân chất lưu, trong thời gian đó không có tín hiệu dẫn động mới nào được áp dụng.

Do đó, dạng sóng hoàn thiện bao gồm tín hiệu dẫn động có chu kỳ giới hạn, tiếp theo tín hiệu giảm và thời gian giãn hoặc chết đối với vòng xuống chất lưu và được lặp lại nếu cần để đạt được lượng chất lưu hoặc sự lắng đọng khối lượng. Dựa trên thời gian vòng xuống, như được so với chu kỳ giới hạn dẫn động mà không cần tín hiệu giảm hoặc hãm hoạt động, phương thức này tạo ra tốc độ tạo hạt giảm và sự phân phối chất lưu tăng, như được xác định theo khối lượng chất lưu trên đơn vị thời gian.

Các ví dụ thực hiện sáng chế

Ví dụ 1: Cơ cấu phun. Trong ví dụ này, tấm phun 104 đối xứng (ví dụ, thép không gỉ đường kính 21mm) được sử dụng, với mẫu phần mở 126 được bố trí trong cơ cấu tạo giọt nhỏ 132 được tạo ra trong vùng trung tâm của tấm phun 104. Mạch dẫn động 520 được sử dụng để tạo ra tín hiệu dẫn động, có mạch cộng hưởng hoặc mạch hồi tiếp 560, để đo cơ cấu truyền động tín hiệu EMF lùi hoặc điện áp hồi tiếp bộ truyền động (ví dụ, áp điện) và điều khiển mạch dẫn động để tạo ra tín hiệu giảm sau mỗi dạng sóng dẫn động. Các kỹ thuật khác tạo ra các dạng sóng dẫn động khác nhau và các tín hiệu giảm cũng được dự định, như được mô tả trên đây và như được mô tả trong các tài liệu tham chiếu.

Cơ cấu phun được vận hành trong việc tiếp xúc với bình chứa chất lưu và được bố trí tín hiệu cơ cấu dẫn động (ví dụ, sóng hình sin hoặc vuông) để bơm chất lưu qua các phần mở của cơ cấu tạo giọt nhỏ và phun chất lưu ở dạng dòng giọt nhỏ. Khi tín hiệu dẫn động liên tục có thể dẫn đến việc tạo hạt chất lưu, việc nổ ngắn hoặc thời gian chu kỳ giới hạn có thể được sử dụng, ví dụ khoảng 150ms hoặc ít hơn hoặc khoảng 100ms hoặc

ít hơn, khoảng 50ms hoặc ít hơn hoặc khoảng 25ms hoặc ít hơn. Đệm cách điện hoặc bộ cảm biến EMF lùi có thể được gắn vào cơ cấu truyền động để kiểm tra sự di chuyển của cơ cấu phun đối với tín hiệu dẫn động, và tạo ra tín hiệu hủy dao động dư sau khi kết thúc tín hiệu dẫn động, để làm giảm thời gian vòng xuống và làm tăng tốc độ phân phối chất lưu dạng mạng.

Ví dụ 2: Giãn áp điện và giãn chất lưu. Trong ví dụ này, cơ cấu truyền động được dẫn động theo phương thức cộng hưởng sẽ tiếp tục dao động sau khi tín hiệu dẫn động ngừng, trong khoảng thời gian đã nêu được xác định bởi thời gian phục hồi. Thậm chí do sự di chuyển của cấu truyền động và hệ phun được giảm, màng hoặc cơ cấu tạo giọt nhỏ sẽ tiếp tục dao động do năng lượng bổ sung trong cơ cấu được nạp chất lưu. Việc tạo hạt chất lưu sẽ xảy ra nếu áp điện được dẫn động trước khi chất lưu được cho phép giãn và việc tạo hạt và dao động chất lưu sẽ gia tăng trong các chu kỳ lặp lại nếu thời gian chết giữa các chu kỳ là không đầy đủ.

Fig.36 là biểu đồ dạng sóng giãn của chất lưu, minh họa hiện tượng sau khi loại bỏ tín hiệu dẫn động. Điện áp EMF lùi áp điện (thang thẳng đứng) được tạo ra bằng việc di chuyển của bộ truyền động áp điện, và có thể được lấy từ đệm kim loại cách điện hoặc bộ cảm biến EMF lùi ở trên của áp điện, như được mô tả trên đây. EMF lùi cho biết rằng vòng xuống của cơ cấu truyền động xảy ra trên thang thời gian mili giây hoặc lớn hơn, ví dụ khoảng nửa giây hoặc ít hơn hoặc khoảng từ 0,2 đến 0,3ms, phụ thuộc vào ngưỡng biên độ tương đối. Trong khoảng thời gian giãn này, biên độ dao động có thể dẫn đến việc phun chất lưu trong khoảng thời gian đáng kể sau khi tín hiệu dẫn động kết thúc, ví dụ đến từ 1 đến 10 lần chiều dài của tự bản thân dạng sóng tín hiệu dẫn động.

Thời gian giãn chất lưu của cơ cấu được làm đầy chất lưu (cũng được đề cập đến trong bản mô tả này là cơ cấu phun) có thể là từ hai đến ba lần thời gian vòng xuống của tự bản thân cơ cấu truyền động, ví dụ mili giây hoặc nhiều hơn hoặc nằm trong khoảng từ 1 đến 2ms hoặc khoảng từ 2 đến 4ms, phụ thuộc vào mô hình phun, nạp chất lưu, kích cỡ lỗ và các yếu tố khác. Chất lưu phải được cho phép phục hồi trong toàn bộ thời gian phục hồi chậm thông thường này, để ngăn ngừa việc tạo hạt.

Fig.37 là biểu đồ về dạng sóng giãn của chất lưu tiếp theo việc giảm ít, minh họa cách mà cơ cấu truyền động tương tác khi tín hiệu dẫn động giảm một cách tuyến tính.

Biên độ dao động dư gia tăng một cách thực tiễn trong thời gian giảm và thậm chí sau khi tín hiệu dẫn động đạt đến zêro, do sự lưu trữ năng lượng trong cơ cấu truyền động (ví dụ, trong chi tiết áp điện, mà có thể là chi tiết gốm). Năng lượng này bị triệt tiêu tương đối chậm, ví dụ trong vài trăm chu kỳ dao động họa âm.

Fig.38A là biểu đồ dạng sóng giãn sau năm chu kỳ kích thích, trong đó tín hiệu dẫn động được dừng một cách đột ngột. Fig.38B là hình vẽ phóng to của dạng sóng giãn trên Fig.38A, thể hiện việc tạo ra họa âm (“tiếng kêu”) trong tín hiệu vòng xuống. Như được thể hiện trên Fig.38A và Fig.38B, không chỉ làm cho cơ cấu truyền động tiếp tục di chuyển sau khi tín hiệu dẫn động kết thúc, cũng có thể tạo ra các kết quả điều biến hòa âm và ngang tương đối lớn, mà lần lượt có thể tạo ra sự di chuyển theo phương thức cộng hưởng (“dạng dao động riêng”) có hình dạng ưu tiên để tạo hạt.

Ví dụ 3: Dạng sóng hủy. Trong ví dụ này, dạng sóng hủy được sử dụng để làm giảm sự di chuyển dư này và thời gian vòng xuống.

Fig.39A là biểu đồ dạng sóng giãn của chất lưu sau năm chu kỳ kích thích với dạng sóng giảm hoạt động. Fig.39B là hình vẽ phóng to của dạng sóng giãn trên Fig.39A, minh họa việc tạo ra thời gian giãn và họa âm giảm. Như được thể hiện trên Fig.39A và Fig.39B, tín hiệu giảm được tạo sau tín hiệu dẫn động để hấp thụ năng lượng được lưu trữ trong (áp điện) cơ cấu truyền động. Mặc dù cơ cấu phun vẫn tiếp tục di chuyển sau tín hiệu giảm được áp dụng, thời gian giãn hầu như là thấp và các kết quả điều biến họa âm và ngang (“đợt”) được ngăn chặn. Điều này cho phép tốc độ lắng đọng khối lượng cao hơn, với việc tạo hạt giảm.

Fig.40 là biểu đồ dạng sóng giãn sau mười chu kỳ kích thích sóng vuông, với tín hiệu giảm hoạt động. Như được thể hiện, tín hiệu dẫn động và tín hiệu giảm có thể được tạo ra dưới dạng các sóng hầu như vuông.

Fig.41 là biểu đồ minh họa dạng sóng giãn đối với cùng kích thích sóng vuông như được sử dụng trên Fig.40, nhưng không phải tín hiệu giảm.

Fig.42 là biểu đồ minh họa việc giãn áp điện và chất lưu sau hai khoảng thời gian mười chu kỳ tín hiệu dẫn động sóng vuông, với thời gian tín hiệu giảm hoạt động và thời gian chết giãn. Fig.42 thể hiện hai chu kỳ hoàn thành của dạng sóng được tổ hợp đầy đủ,

bao gồm mười chu kỳ tín hiệu dẫn động sóng vuông, tín hiệu giảm hoạt động để hãm bộ truyền động áp điện và thời gian phục hồi (chết) chất lưu giữa các lần lặp lại.

Ví dụ 4: Tạo hạt chất lưu. Ví dụ này sử dụng cơ cấu phun theo ví dụ 1 trên đây, trong đó việc tạo hạt được quan sát khi điện áp dẫn động là sóng hình sin hoặc hình vuông đơn. Trong ví dụ cụ thể này, dạng sóng tín hiệu dẫn động dài 50ms.

Để minh họa lợi ích của thời gian phục hồi và tín hiệu giảm hoạt động, các hình ảnh được lấy của cơ cấu phun ở các giai đoạn khác nhau, sử dụng hai chất lưu có độ nhớt khác nhau: nước cất và latanaprost, thuốc dùng cục bộ được sử dụng để làm giảm áp suất bên trong mắt.

Các hình ảnh nước cất và latanaprost được bắt giữ với tốc độ cao (75.000 khung/giây). Đối với cả hai chất lưu, việc phun ban đầu chứng minh phương thức cộng hưởng của tấm tạo, nhưng không có mọi giọt nhỏ phun lỗ. Ở 30% qua tín hiệu phun, việc phun liên tiếp mà không cho phép phục hồi hoặc “vòng xuống” dẫn đến sự hình thành hạt lớn. Ở 60% qua tín hiệu phun, các giọt nhỏ vệ tinh được tạo ra từ các dao động phun hỗn loạn, mà được gia tăng khi không có thời gian phục hồi, và mức độ tạo hạt và các dao động tăng khi phun liên tiếp. Sau khi chu kỳ hoàn thành, giọt nhỏ vệ tinh lớn và việc tạo hạt được quan sát.

Ví dụ 5: Ngăn chặn việc tạo hạt và sự hình thành giọt nhỏ vệ tinh. Ví dụ này cũng sử dụng cơ cấu phun theo ví dụ 1 trên đây, nhưng việc tạo hạt được ngăn chặn sử dụng một hoặc nhiều chu kỳ giới hạn (xung lặp lại), thời gian phục hồi, và kỹ thuật giảm hoạt động được mô tả trên đây.

Một lần nữa, nước được so với latanaprost nhưng sử dụng việc giảm và phục hồi hoạt động. Một lần nữa các hình ảnh phun ban đầu thể hiện phương thức cộng hưởng của tấm tạo, nhưng không phải mọi chất lưu phun lỗ. Điều này chứng tỏ rằng phương thức này là không ít quan trọng và phải được xác định một cách cẩn thận trong tổ hợp với mẫu lỗ được chọn và hình thái tấm phun. Ở chu kỳ ở giữa, các giọt nhỏ được hiện ra từ nhiều vị trí phun (phần mở) trong dòng tuyến tính. Có một ít dòng hỗn loạn, nhờ đó làm giảm sự hình thành giọt nhỏ vệ tinh, như được so với phương thức phun mà thể hiện việc phun kém. Việc tạo hạt được ngăn chặn đối với cả hai chất lưu trong ví dụ này và hạt lớn hơn hầu như không có mặt hoặc không được quan sát. Sau khi chu kỳ này hoàn thành, các

giọt nhỏ vệ tinh lớn được giảm một cách đáng kể và hầu như không có việc tạo hạt nào được quan sát trong các phần mở. Một số giọt nhỏ vệ tinh có thể được quan sát, nhưng chúng hầu như không có mặt từ các vị trí hình thành giọt nhỏ.

Trong các ví dụ bổ sung khác nhau, phương pháp được đề xuất để áp dụng điện áp thay đổi thứ nhất đối với một hoặc nhiều chu kỳ đến bộ truyền động áp điện có thể vận hành để làm dao động cơ cấu phun để tạo ra các giọt nhỏ chất lưu, làm ngừng điện áp thay đổi thứ nhất và áp dụng dạng sóng hủy hoặc tín hiệu giảm hoạt động, chờ khoảng thời gian phục hồi thứ nhất, áp dụng điện áp thay đổi thứ hai đối với một hoặc nhiều chu kỳ cho bộ truyền động áp điện, làm ngừng điện áp thay đổi thứ hai và áp dụng dạng sóng hủy và chờ khoảng thời gian phục hồi thứ hai. Cơ cấu phun có thể bao gồm tám phun có bề mặt gần trong tiếp xúc với chất lưu và một hoặc nhiều phần mở, với bộ truyền động áp điện để làm dao động tám khi áp dụng điện áp dẫn động. Các bước này có thể được lặp lại một hoặc nhiều lần để tạo hoặc phân phối thể tích chất lưu được chọn, ví dụ ở dạng dòng giọt nhỏ. Thể tích có thể được chọn nằm trong khoảng từ 5 μ l đến 30 μ l. Cơ cấu phun cũng có thể được tạo kết cấu để phun dòng giọt nhỏ với đường kính được phun trung bình lớn hơn khoảng 15micron.

Cơ cấu phun có thể được tạo kết cấu để cách điện thụ động và nạp điện đối với điện áp dẫn động. Dạng sóng hủy có thể là pha được chuyển dịch đối với điện áp dẫn động và có biên độ hầu như bằng hoặc khác với điện áp dẫn động. Sự chuyển dịch pha có thể là 180°, sao cho dạng sóng hủy có tính phân cực đối lập đối với một hoặc cả hai điện áp dẫn động khác. Theo cách khác, dạng sóng hủy hầu như có thể trong pha với một hoặc cả hai điện áp dẫn động khác hoặc có thời gian trễ được chọn đối với sự dịch chuyển pha khác nhau đối với một hoặc cả hai điện áp khác.

Dạng sóng hủy cũng có thể có biên độ không bằng nhau đối với một hoặc cả hai điện áp khác, ví dụ biên độ nhỏ hơn so với một hoặc cả hai điện áp dẫn động khác. Dạng sóng hủy cũng có thể có biên độ được chọn đối với dạng sóng để có năng lượng hầu như bằng với năng lượng được lưu trữ trong bộ truyền động áp điện.

Một hoặc nhiều điện áp bất kỳ trong số các điện áp khác thứ nhất và thứ hai và dạng sóng hủy có thể có chiều rộng xung được biến đổi hoặc bao gồm hoặc hầu như gồm

có sóng vuông hoặc hầu như sóng hình sin. Ví dụ, cả hai điện áp khác hầu như có thể là hình sin hoặc hầu như vuông hoặc tổ hợp của sóng hình sin và vuông.

Một hoặc cả hai khoảng thời gian giãn có thể được dựa trên việc kiểm tra cộng hưởng của các cơ cấu truyền động, ví dụ bằng cách phát hiện điện áp EMF lùi. Một hoặc cả hai khoảng thời gian phục hồi có thể có tỷ lệ với số chu kỳ của một hoặc cả hai điện áp khác và nhiều chu kỳ có thể nằm trong khoảng từ một đến ba mươi. Một hoặc cả hai khoảng thời gian giãn cũng có thể được xác định khi điện áp EMF lùi có giá trị ngưỡng nhất định, ví dụ dưới dạng hàm của giá trị ban đầu hoặc một hoặc cả hai khoảng thời gian giãn có thể có tỷ lệ với nhiều chu kỳ của một hoặc nhiều điện áp khác.

Ví dụ 6: Theo một phương án, thiết bị phun được sử dụng dưới dạng thiết bị hai phần bao gồm cơ cấu phun với bình chứa chất lưu (trong bản mô tả này cũng được gọi là hộp) và hệ thống gốc. Hệ thống gốc được tạo kết cấu để nhận và khớp với hộp theo cách bù. Khi người dùng chèn hộp vào hệ thống gốc, thì việc tiếp xúc điện được tạo ra và hộp trở nên hoạt động. Theo một phương án, hộp EEPROM được đọc để bắt đầu việc giảm số lượng để làm mất khả năng của hộp.

Phần bịt kín quay phía trước có thể được bố trí để phủ cơ cấu phun của hộp và được tạo kết cấu để được trở lại để mở hoặc tạo ra đường tiếp cận góc nhìn với các lỗ phun của cơ cấu phun. Đến lượt cũng kích hoạt sự chuyển mạch từ tính trong hộp mà được đặt rơi le với bộ vi điều khiển để mang nó ra ngoài phương thức ngủ. Hệ đích (LED màu xanh dương) cũng được bật và bộ chuyển đổi tăng thế được bắt đầu.

Việc tự hiệu chỉnh hoặc quét chất lượng (quét Q) được bắt đầu để thiết lập tần số phun. Theo phương án này, việc quét Q bao gồm việc tạo ba chu kỳ của mỗi khoảng tần số nằm trong khoảng tần số định trước và sự hồi tiếp TEP thu được để phát hiện các vùng tần số phun tối ưu. Vấn đề này được mô tả chi tiết hơn dưới đây. Việc khởi đầu quét có thể được kích hoạt bằng cách quay phần bịt kín quay phía trước hoặc bằng cách hoạt hóa nút phun và theo một phương án, cơ cấu hoạt hóa có thể là phần mềm được chọn. Sau khi Q quét hoàn thành, bộ chuyển đổi tăng thế được tạo kết cấu để có tác dụng như bơm nạp điện làm tăng điện áp hình khuyên (cơ cấu phun áp điện) đến điện áp được quy định mà đối với kết quả đó bằng cách nạp điện đường tăng thế đến điện áp mong muốn. Khoảng có thể nằm trong khoảng từ 0 đến 120V.

Bộ chuyển mạch thứ hai được kích hoạt khi người dùng ấn xuống nút phun. Trong trường hợp này, cơ cấu tạo dạng sóng bù cổng (CWG) dẫn động mạch chuyển dịch mức, mà lần lượt dẫn động cầu đầy đủ để dẫn động bộ truyền động áp điện và phân phối được chất. Cơ cấu phun phun qua cơ cấu dẫn động điện áp không đổi (chu kỳ tăng thể được điều chỉnh theo cách không đổi để làm cân bằng điện áp đầu ra tăng thể và do đó khuếch đại trong mạch cộng hưởng) hoặc cơ cấu dẫn động quá mức, mà được hoàn thành bằng cách nạp điện tăng thể và sau đó lần lượt dẫn động để làm cho quá mức đối với việc phun tốc độ cao. Trong khi điện áp không đổi có thể được sử dụng theo phương thức liên tục hoặc giọt nhỏ theo yêu cầu (ON đối với chu kỳ x - OFF đối với chu kỳ y – lặp lại), việc quá mức chỉ có thể được sử dụng với giọt nhỏ theo yêu cầu.

Hơn nữa, tần số tín hiệu dẫn động có thể là tần số không đổi hoặc được dao động. Tần số được dao động có nghĩa là tần số được quét (tương tự tiếng kêu) trong toàn bộ tập hợp dải thông (3k, 5k, 10k, 20k). Việc dao động làm thay đổi tốc độ đột ngột theo cách di chuyển áp điện dẫn đến việc phun tốt hơn. Ví dụ, việc dao động có thể được thực hiện một cách nhanh chóng (trong thời gian sục của mạch cộng hưởng) để tạo ra tín hiệu đa âm thanh cố định.

Mạch phát hiện thể tích dựa trên IR có thể được bao gồm để đo thể tích của chất lưu được phân phối trong khi phun và mở rộng hoặc rút ngắn thời gian phun để phân phối thể tích phân lượng chính xác. Sau khoảng thời gian định trước (theo phương án này, sau 10 giây), tất cả LED được tắt và thiết bị ngược trở lại phương thức ngủ cho đến khi người dùng đóng và mở lại phần bịt kín quay phía trước.

Do việc tự hiệu chỉnh bao gồm một khía cạnh của sáng chế, phương án cụ thể sẽ được mô tả chi tiết hơn dưới đây.

Mục đích của hệ tự hiệu chỉnh là để cho phép hệ phun áp điện điều chỉnh theo cách động học đến các vi sai vật liệu nhỏ và thay đổi các biến môi trường và là tối ưu sản phẩm tin cậy và sản xuất được.

Tần số được tạo ra bởi cơ cấu dao động được điều khiển về số lượng (NCO) và CWG được tăng số lượng về lượng thiết lập trong khoảng định trước cao đến từ 1kHz đến 200kHz, nhưng thường từ 80 đến 150kHz trong 1kHz hoặc 0,5kHz. Điện áp ắc quy được bù để tính đến lượng xả từ từ của ắc quy, sau đó đường tăng thể được nạp đến điện

áp không đổi sử dụng việc hồi tiếp lấy mẫu từ tương tự thành số (ADC). Mạch (kết cấu cộng hưởng được xác định bởi bộ truyền động áp điện điện dung (áp điện) và một hoặc nhiều cuộn cảm) sau đó được dẫn động trong thời gian ngắn, tốt hơn là kích cỡ mẫu có thể có tối thiểu, ví dụ từ 1,5 đến 2,5 khoảng ở tần số đơn lẻ. Tín hiệu dẫn động được lặp lại từ 3 đến 5 lần liên tiếp nhanh chóng ở tần số này để nạp tụ điện trong bộ phát hiện đỉnh tích hợp với cùng hệ số biên độ (điện áp) mỗi lần. Hệ số biên độ được ghi chép và quy trình được lặp lại ở tần số tiếp theo. Việc lặp lại này của tín hiệu điện áp thấp cải thiện một cách đáng kể tín hiệu với tỷ lệ nhiễu của phép đo và ngăn ngừa hệ thống khỏi phun trong khi duy trì các tần số cộng hưởng tối ưu để phun.

Việc tự hiệu chỉnh đạt được bằng cách dẫn động cơ cấu phun với điện áp thấp và đo sự đáp ứng mạch áp điện/cuộn cảm (hệ số Q.) Khi được thực hiện suốt khoảng tần số rộng, điều này mô tả đặc điểm của hệ phun và phát hiện tần số đỉnh.

Để việc quét Q thực hiện một cách thích hợp, điện áp dẫn động cần phải đủ cao để dẫn động một cách đúng đắn năng lượng vào áp điện, tuy nhiên, nó phải là đủ thấp để không gây ra sự phun không mong muốn bất kỳ. Do đó, điện áp dẫn động phải được kiểm soát một cách chặt chẽ bởi bộ vi điều khiển.

Bộ chuyển đổi từ tương tự thành số (ADC) được sử dụng để kiểm tra điện áp dẫn động được bù về mặt toán học để duy trì phép đo chính xác khi việc khử ắc quy giảm và giảm điện áp.

Theo phương án này, bộ quét là phần mềm được điều khiển bằng các phương tiện thuật toán mà thứ nhất kiểm tra khoảng dữ liệu đầu ra để bảo đảm ngưỡng điện áp đúng đã được đáp ứng. Việc quét sẽ là dữ liệu đầu ra cố định mà không phải điện áp đủ cao để phun chất lưu, do đó, nếu khoảng dữ liệu đầu ra là quá thấp, thì điện áp được gia tăng một cách không đáng kể và việc quét được lặp lại.

Việc quét được lặp lại trong việc xuất hiện đột ngột tìm kiếm tần số đỉnh thích hợp suốt nhiều phép đo. Nếu đỉnh là không phù hợp, thì điện áp được gia tăng một cách không đáng kể và việc xuất hiện đột ngột được lặp lại. Nếu hai đỉnh còn lại bằng bộ vi điều khiển sẽ chọn đỉnh trong khoảng tần số tối ưu được lập trình trước để phun.

Các thành phần tạo ra tín hiệu dẫn động được mô tả theo sơ đồ khối trên Fig.43, mà thể hiện cơ cấu dẫn động cầu đầy đủ với cổng dẫn động được tích hợp. Cơ cấu dao động được điều khiển về số lượng (NCO) 4300 tạo ra tín hiệu dẫn động với độ phân giải ở tần số cao. Cơ cấu dao động được điều khiển về số lượng thứ hai 4302 được tạo cổng bằng logic 4304 với NCO thứ nhất để làm mất khả năng cơ cấu tạo dạng sóng bù (CWG) 4306 một cách định kỳ mà không có cơ cấu nạp tải phần mềm lớn trên nguồn xử lý. Điều này cho phép kéo dài tuổi thọ FET và giãn hệ phun ở tần số bất kỳ để chống lại việc phun “tạo hạt” như được mô tả trên đây. Bộ định thời cũng có thể được sử dụng để hoàn thành việc này. Tín hiệu tổ hợp logic là dữ liệu đầu vào vào cơ cấu tạo dạng sóng bù 4306 mà tạo ra hai sóng vuông đối pha với các dải tần chết điều chỉnh được đối với mạch chuyển dịch mức 4308, mà dịch từ 2,0V-3,5V thành +35 đối với PMOS (không được thể hiện trên hình vẽ) và +10 đối với NMOS (không được thể hiện trên hình vẽ) của cầu đầy đủ 4310 để giảm thiểu việc mất chuyển mạch và kháng ON. CWG 4306 làm thay đổi một cách hữu hiệu số lượng chu kỳ “bật” dẫn động áp điện với số lượng chu kỳ “tắt” để cho phép giãn chất lưu.

Biểu đồ mạch của một phương án của mạch chuyển dịch mức 4308 để dẫn động NMOS và PMOS được thể hiện trên Fig.44.

Sẽ dẫn động theo cách vi sai cơ cấu truyền động sử dụng bộ chuyển đổi tăng thế 45V ($V_{\text{tăng thế}}$) và được dẫn động với các sóng vuông đối pha từ CWG (CWG_P và CWG_N), mà điều khiển các cổng FET T1 và T10. Dữ liệu đầu ra PMOS (FB_P1 và FB_P2) là từ +45V đến +35V, trong khi dữ liệu đầu ra NMOS (FB_N1 và FB_N2) từ 0V đến +10V.

Như được mô tả trên đây, phương án này cũng đề xuất việc phát hiện thể tích phun hồng ngoại (IR). LED IR được dẫn động đến 1,8V về phía giảm và dòng điện 65mA. Quang tranzito đo cường độ ánh sáng và tạo ra điện áp đầu ra tương tự giữa 0V và điện áp ắc quy, mà được đọc bởi ADC. Việc phun đã được thể hiện để có điện áp hầu như tuyến tính để phản ứng thể tích phun.

Một phương án về mạch phát hiện thể tích phun IR được thể hiện trên Fig.45.

Theo phương án này, ba ắc quy mỗi ắc quy tạo ra khoảng 1,5V được sử dụng làm nguồn điện di động. Theo phương án khác, chỉ có hai ắc quy được sử dụng, cần thiết phải

sử dụng bơm nạp 2X để làm tăng điện áp của ắc quy một cách đầy đủ để dẫn động hệ đích sáng cao LED. Một phương án về bơm nạp này sử dụng tín hiệu được điều biến chiều rộng xung từ bộ vi điều khiển ngoại vi. Sơ đồ mạch giản lược của một phương án cơ mạch bơm nạp cho LED đích được thể hiện trên Fig.46.

Dưới dạng khía cạnh khác của sáng chế, thiết bị tạo ra việc bật/tắt/định thời hộp thuốc. Điều này được thực hiện theo sáng chế dưới dạng hai giao diện nối tiếp theo dãy EEPROM mà được tạo ra trên hộp để cho phép việc nhận dạng đồng nhất, ví dụ bằng số liên tiếp. Số liên tiếp có thể được xóa bỏ sau thời gian dùng định trước để làm mất khả năng theo cách cố định hộp. Số liên tiếp có thể được tạo kết cấu theo các cách khác nhau, ví dụ vài bit thứ nhất có thể là bộ nhận dạng của nhà sản xuất, trong khi các bit còn lại có thể tạo ra nhiều dãy đơn nhất đối với thiết bị để nhận dạng được chất trong bình chứa. Bộ vi điều khiển theo phương án này có thể duy trì vết đến 30 thiết bị lên đến 60 ngày.

Các thiết bị điện tử, mà có thể được thực hiện trong ASIC có thể được tạo kết cấu để nhận dữ liệu đầu vào từ bộ cảm biến nhiệt độ hoặc ASIC có thể có bộ cảm biến nhiệt độ bên trong để làm mất khả năng hộp nếu nhiệt độ được chất vượt quá nhiệt độ định trước.

Như được mô tả trên đây, để tạo ra điện áp thích hợp cho cơ cấu truyền động, đường tăng thế được nạp điện đến điện áp mong muốn bằng cách sử dụng bộ chuyển đổi tăng thế được kết cấu để có tác dụng như bơm nạp điện. Fig.47 là biểu đồ mạch của hai bộ chuyển đổi tăng thế – một bộ tạo điện cho dẫn động điện áp và bộ còn lại tạo ra điện hình khuyên của dòng điện thấp định trước (điện áp). Việc kiểm tra được thực hiện bởi ADC trong kết hợp với bộ vi điều khiển. Fig.48 là biểu đồ mạch của một phương án của bộ vi điều khiển. Tất cả ADC, NCO, CWG, PWM trong phần đó. ADC theo phương án này là thiết bị được tích hợp và có thể được chuyển mạch bên trong chip giữa các chốt khác nhau. Ban đầu, nó bắt đầu trên chốt RC2 trong đó nó được sử dụng để kiểm tra và duy trì điện áp tăng thế trong khi quét Q (tự hiệu chỉnh). Như được mô tả trên đây, điện áp phải gần như là cố định hoặc kết quả của việc quét tần số sẽ tạo ra kết quả sai. Sau đó, ADC được chuyển mạch thành RA4, mà cho phép điện áp cơ cấu truyền động (hình khuyên) được nạp và được định cỡ. Cuối cùng, ADC được chuyển mạch thành RA0, trong đó bộ phát hiện đỉnh tích hợp chia thang điện áp đỉnh đến khoảng điện áp của

ADC. Phép đo từ bộ phát hiện đỉnh có thể được sử dụng để duy trì điện áp mạch cố định hoặc để giành lại hệ số biên độ từ bộ quét Q.

Fig.49 thể hiện sơ đồ mạch của một phương án của bộ cơ cấu chuyển dịch mức cao dẫn động cầu đầy đủ được nạp mạch cộng hưởng (bao gồm áp điện). Nó cũng có bộ phát hiện đỉnh hồi tiếp.

Fig.50 thể hiện một phương án về bộ kéo xuống/hạ TEP trên mạch kéo xuống theo yêu cầu gồm có cơ cấu chuyển dịch mức và hai FET NMOS mà dẫn mạch tốt hơn là để cho nó nổi khi cầu đầy đủ ngừng dẫn động.

Trong khi sáng chế đã được mô tả với việc tham chiếu đến các phương án cụ thể, người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này sẽ hiểu rằng các thay đổi khác nhau có thể được tạo ra và các phương án tương đương có thể được thay thế đối với một số chi tiết, mà không lệch khỏi phạm vi của sáng chế. Ngoài ra, các biến đổi có thể được tạo ra mà không lệch khỏi nội dung của sáng chế đối với các tình huống và vật liệu cụ thể, mà không lệch khỏi phạm vi thiết yếu của nó. Do đó, sáng chế không bị giới hạn ở các ví dụ cụ thể được mô tả trong bản mô tả này, mà bao gồm tất cả các biến đổi nằm trong phạm vi của các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Hệ thống phun giọt nhỏ bao gồm:

cơ cấu phun giọt nhỏ bao gồm bộ truyền động áp điện được kết hợp với tấm tạo giọt nhỏ có nhiều phần mở xuyên qua đó, tấm tạo giọt nhỏ tạo thành tấm tạo giọt nhỏ được làm đầy chất lưu khi phần mở được làm đầy bằng chất lưu;

cơ cấu tạo tín hiệu dẫn động được kết hợp về mặt điện với bộ truyền động áp điện, cơ cấu tạo tín hiệu dẫn động được tạo kết cấu để tạo ra tín hiệu dẫn động để dẫn động bộ truyền động áp điện, và

bộ điều khiển được kết hợp điện với bộ truyền động và cơ cấu tạo tín hiệu dẫn động,

trong đó bộ điều khiển được tạo kết cấu để điều khiển tín hiệu dẫn động để dẫn động bộ truyền động áp điện ở tần số cộng hưởng của cơ cấu phun giọt nhỏ và được tạo kết cấu để xác định tần số cộng hưởng dựa trên tín hiệu sụt từ bộ truyền động áp điện, và trong đó bộ điều khiển bao gồm tụ điện và bộ chuyển đổi tương tự sang số (Analog-to-Digital Converter – ADC) để xác định kết quả năng lượng theo thời gian (Time-Energy Product - TEP) của tín hiệu sụt.

2. Hệ thống theo điểm 1, trong đó bộ điều khiển bao gồm phép đo cộng hưởng và mạch điều khiển được tạo kết cấu để xác định tần số cộng hưởng của cơ cấu phun giọt nhỏ bằng cách điều khiển cơ cấu tạo tín hiệu dẫn động để tạo ra bộ tín hiệu tần số ngang qua khoảng tần số và kiểm soát hiệu quả trên tín hiệu sụt.

3. Hệ thống theo điểm 2, trong đó mỗi tín hiệu tần số được lặp lại nhiều lần và tín hiệu kết quả năng lượng theo thời gian thu được kiểm soát mỗi lần để bảo đảm tính đồng nhất.

4. Hệ thống theo điểm 1, trong đó tín hiệu dẫn động bao gồm ít nhất hai tín hiệu tần số khác nhau, tần số cộng hưởng được xác định bởi sự giao thoa giữa ít nhất hai tín hiệu tần số khác nhau.

5. Hệ thống theo điểm 4, trong đó mỗi trong số các tín hiệu tần số khác nhau là không cộng hưởng đối với cơ cấu phun giọt nhỏ.

6. Phương pháp vận hành cơ cấu phun giọt nhỏ, phương pháp này bao gồm các bước:

áp dụng tín hiệu dẫn động vào cơ cấu phun giọt nhỏ bao gồm bộ truyền động áp điện được kết hợp với tấm tạo giọt nhỏ được nạp chất lưu;

xác định tần số cộng hưởng của cơ cấu phun dựa trên biên độ được tích tụ hoặc giá trị đỉnh của tín hiệu hồi tiếp từ bộ truyền động áp điện, và

điều khiển tín hiệu dẫn động để dẫn động bộ truyền động áp điện ở tần số cộng hưởng của cơ cấu phun:

trong đó tín hiệu hồi tiếp được xác định bởi tín hiệu sụt theo sau tín hiệu dẫn động hoặc kiểm tra đến bộ kích hoạt.

7. Phương pháp theo điểm 6, trong đó việc xác định tần số cộng hưởng được thực hiện tiếp theo tín hiệu kiểm tra hoặc tiếp theo tín hiệu dẫn động.

8. Phương pháp theo điểm 7, trong đó tín hiệu dẫn động được điều chỉnh để đếm số lần thay đổi về tần số cộng hưởng của cơ cấu phun do các thay đổi theo một hoặc nhiều đặc trưng của chất lưu được nạp vào tấm tạo giọt nhỏ, lượng chất lưu nạp của tấm tạo giọt nhỏ, nhiệt độ, độ ẩm và áp suất.

9. Phương pháp theo điểm 8, trong đó sự thay đổi về tần số cộng hưởng được dựa trên ít nhất sự thay đổi cộng hưởng gây ra bởi một hoặc nhiều trong số nhiệt độ, độ ẩm, áp suất và điện áp dẫn động.

10. Phương pháp theo điểm 6, trong đó việc xác định tần số cộng hưởng bao gồm việc tích hợp tín hiệu sụt để xác định biên độ năng lượng.

11. Phương pháp theo điểm 6, trong đó việc xác định tần số cộng hưởng được thực hiện tiếp theo các tín hiệu tần số kiểm tra khác nhau, phương pháp này còn bao gồm việc áp dụng các tín hiệu kiểm tra tần số khác nhau vào cơ cấu truyền động ngang qua khoảng tần số.

12. Phương pháp theo điểm 11, trong đó việc xác định tần số cộng hưởng được dựa trên tín hiệu kết quả năng lượng theo thời gian từ cơ cấu truyền động và thu được bằng cách tích hợp toàn bộ tín hiệu kết quả năng lượng theo thời gian.

13. Phương pháp theo điểm 6, trong đó việc áp dụng tín hiệu dẫn động vào cơ cấu truyền động bao gồm việc tạo ra ít nhất tín hiệu tần số dẫn động khác nhau thứ nhất và thứ hai

mà theo cách tách biệt không cộng hưởng đối với tấm tạo giọt nhỏ được nạp chất lưu, nhưng cùng với nhau cộng hưởng đối với tấm tạo giọt nhỏ được nạp chất lưu.

14. Thiết bị phun giọt nhỏ bao gồm:

ống thuốc tiêm hoặc bình chứa chất lưu;

cơ cấu phun bao gồm tấm tạo giọt nhỏ và bộ truyền động áp điện được kết hợp với tấm tạo giọt nhỏ, trong đó tấm tạo giọt nhỏ nối thông về mặt chất lưu với bình chứa, sao cho tấm tạo giọt nhỏ được nạp chất lưu;

cơ cấu dẫn động được kết hợp với bộ truyền động áp điện, trong đó cơ cấu dẫn động được tạo kết cấu để tạo ra ít nhất tín hiệu dẫn động thứ nhất và thứ hai ở các tần số dẫn động thứ nhất và thứ hai khác nhau, trong đó các tín hiệu dẫn động được ghép cặp với bộ truyền động áp điện để làm dao động cơ cấu phun ở một hoặc nhiều tần số cộng hưởng;

bộ điều khiển được tạo kết cấu để xác định sự chuyển dịch theo một hoặc nhiều trong số các tần số cộng hưởng và để điều khiển ít nhất một trong số các tần số dẫn động thứ nhất và thứ hai dựa trên sự chuyển dịch, sao cho cơ cấu phun được dao động ở tần số cộng hưởng; và

trong đó bộ điều khiển được tạo kết cấu để xác định sự chuyển dịch theo tần số cộng hưởng dựa trên tín hiệu sụt từ cơ cấu truyền động, mà không có mặt các tín hiệu dẫn động.

15. Thiết bị phun giọt nhỏ theo điểm 14, trong đó tín hiệu dẫn động là không cộng hưởng đối với tấm tạo giọt nhỏ được nạp chất lưu, sao cho cơ cấu truyền động làm dao động cơ cấu phun ở tần số cộng hưởng dựa trên sự giao thoa giữa các tần số dẫn động thứ nhất và thứ hai.

16. Phương pháp phát hiện khi hệ điện cơ bao gồm bộ truyền động áp điện đang vận hành theo phương thức cộng hưởng, phương pháp này bao gồm các bước:

a. áp dụng tín hiệu dẫn động vào bộ truyền động áp điện trong khoảng thời gian giới hạn;

b. loại bỏ tín hiệu dẫn động ra khỏi bộ truyền động áp điện;

- c. hoạt hóa mạch đo được ghép cặp với bộ truyền động áp điện;
- d. nhận trong mạch đo tín hiệu được phát hiện từ bộ truyền động áp điện, và
- e. xác định liệu có hay không hệ điện cơ theo phương thức cộng hưởng dựa trên bản chất của tín hiệu được phát hiện

trong đó phương thức cộng hưởng được xác định dựa trên khoảng thời gian của tín hiệu sụt từ cơ cấu truyền động tiếp theo việc loại bỏ tín hiệu dẫn động hoặc dựa trên giá trị đỉnh hoặc tổng năng lượng của tín hiệu sụt.

17. Phương pháp theo điểm 16, phương pháp này còn bao gồm bước làm thay đổi tần số của tín hiệu dẫn động trong sự kiện mà hệ điện cơ là không vận hành theo phương thức cộng hưởng và lặp lại các bước từ a đến e.

18. Phương pháp theo điểm 16, phương pháp này còn bao gồm bước tích hợp toàn bộ tín hiệu sụt.

19. Phương pháp theo điểm 16, trong đó hệ điện cơ có thể vận hành theo nhiều phương thức cộng hưởng và phương pháp này còn bao gồm việc xác định phương thức tốt nhất trong số nhiều phương thức cộng hưởng đối với sự vận hành của hệ điện cơ.

20. Phương pháp tạo ra dạng sóng dẫn động để tối đa hóa sự dịch chuyển vật lý của cơ cấu nạp tải cơ học được kết hợp với bộ truyền động áp điện, phương pháp này bao gồm các bước:

tạo ra hai hoặc nhiều tín hiệu đầu vào, và

kết hợp các tín hiệu đầu vào để tạo ra tín hiệu dẫn động được kết hợp, trong đó hai hoặc nhiều tín hiệu đầu vào được chọn sao cho tín hiệu dẫn động được kết hợp có tần số bằng với ít nhất một tần số cộng hưởng của cơ cấu nạp tải cơ học được kết hợp với bộ truyền động áp điện.

21. Phương pháp theo điểm 20, trong đó ít nhất một tín hiệu đầu vào có biên độ và trọng lượng pha sao cho bộ truyền động áp điện đạt được sự dịch chuyển vật lý tối đa của cơ cấu nạp tải cơ học.

22. Phương pháp theo điểm 20, trong đó hai hoặc nhiều tín hiệu đầu vào được chọn sao cho một tín hiệu có tần số ở đó bộ truyền động áp điện tạo ra sự dịch chuyển được làm

tăng của cơ cấu nạp tải cơ học và tín hiệu khác có tần số ở đó bộ truyền động áp điện tạo ra tốc độ khác được làm tăng của cơ cấu nạp tải cơ học.

23. Phương pháp theo điểm 22, trong đó ít nhất một tín hiệu đầu vào được chọn ở tần số cộng hưởng của cơ cấu nạp tải cơ học được kết hợp với bộ truyền động áp điện.

24. Phương pháp theo điểm 22, trong đó cơ cấu nạp tải cơ học không phải là hình chữ nhật và trong đó ít nhất một tín hiệu đầu vào vận hành ở tần số theo phương thức Bessel, và trong đó tần số theo phương thức Bessel là tần số cộng hưởng được nhân bởi các nghiệm của hàm Bessel.

25. Thiết bị phun áp điện để phun giọt nhỏ chất lưu bao gồm:

 cơ cấu phun bao gồm bộ truyền động áp điện và tấm tạo giọt nhỏ, và

 cơ cấu điện tử dẫn động để dẫn động cơ cấu truyền động, cơ cấu điện tử này bao gồm bộ vi điều khiển được tạo kết cấu để thực hiện việc điều chỉnh tự động của cơ cấu phun bằng cách nhận dạng và thiết lập tần số phun tối ưu;

 trong đó việc điều chỉnh tự động bao gồm việc tạo ít nhất một chu kỳ của mỗi khoảng tần số tín hiệu dẫn động trong toàn bộ khoảng tần số định trước và thu được kết quả năng lượng theo thời gian hồi tiếp từ tín hiệu sụt được tạo ra bởi cơ cấu truyền động tiếp theo mỗi lần tạo ra tần số.

26. Thiết bị phun áp điện theo điểm 25, trong đó nhiều chu kỳ riêng biệt được tạo ra đối với mỗi tần số theo cách liên tiếp nhanh để nạp điện tụ điện trong bộ phát hiện đỉnh tích hợp với cùng điện áp đối với mỗi chu kỳ, điện áp được ghi lại và quy trình được lặp lại ở tần số tiếp theo.

27. Thiết bị phun áp điện theo điểm 25, thiết bị này còn bao gồm ít nhất một cơ cấu dao động được điều khiển về số lượng (Numerically Controlled Oscillator - NCO) để làm tăng các tần số trong toàn bộ khoảng tần số định trước.

28. Thiết bị phun áp điện theo điểm 25, trong đó điện được cấp vào cơ cấu truyền động từ ít nhất một ắc quy, bộ vi điều khiển được tạo kết cấu để điều khiển điện áp của ắc quy và bù đối với việc xả từ từ của ắc quy.

29. Thiết bị phun áp điện theo điểm 25, thiết bị này còn bao gồm ít nhất một cuộn cảm để xác định mạch cộng hưởng với bộ truyền động áp điện, mà có tác dụng như tụ điện.

30. Thiết bị phun áp điện theo điểm 26, trong đó bộ vi điều khiển được tạo kết cấu để duy trì điện áp không đổi ở mỗi tần số tín hiệu dẫn động trong khi điều chỉnh tự động, bằng cách sử dụng ADC để điều khiển điện áp dẫn động để bảo đảm điện áp dẫn động là đủ cao để dẫn động thích hợp năng lượng vào bộ truyền động áp điện trong khi duy trì điện áp ở mức đủ thấp để tránh việc phun không mong muốn.

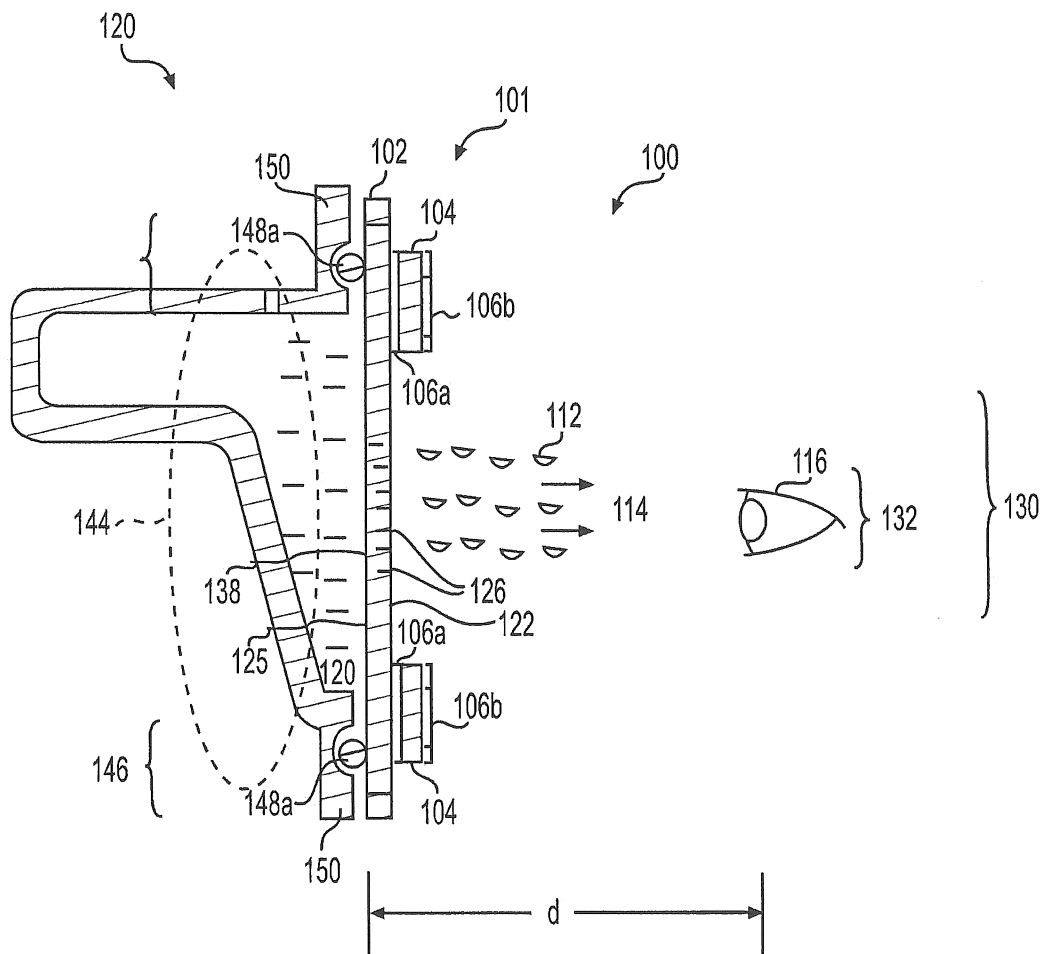
31. Thiết bị phun áp điện theo điểm 29, trong đó mạch tăng thế được tạo kết cấu để hoạt động như bơm nạp để làm tăng điện áp truyền động áp điện đến điện áp định trước sau khi điều chỉnh tự động.

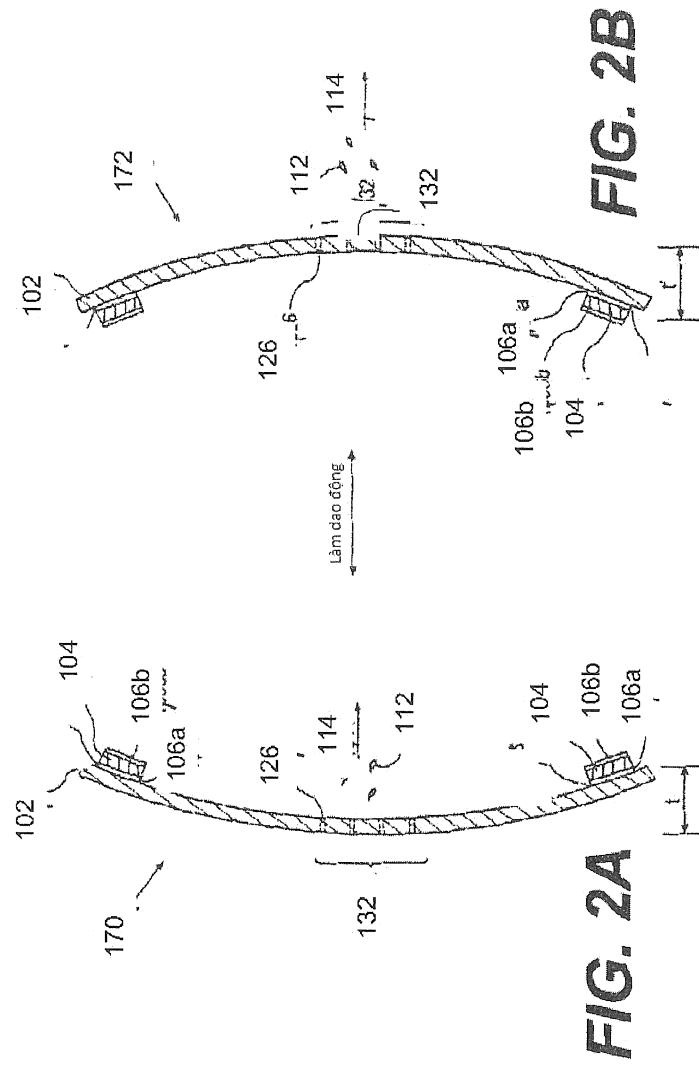
32. Thiết bị phun áp điện theo điểm 31, trong đó cơ cấu điện tử dẫn động bao gồm mạch dẫn động gồm có hai NCO, logic để kết hợp các tín hiệu từ hai NCO để xác định tín hiệu kết hợp, cơ cấu tạo dạng sóng bù (Complementary Waveform Generator - CWG) để nhận tín hiệu được kết hợp, mạch chuyển dịch mức được nối với CWG, và cầu đầy đủ được nối với bộ chuyển dịch mức và vận hành để dẫn động bộ truyền động áp điện với tín hiệu dẫn động để phun chất lưu.

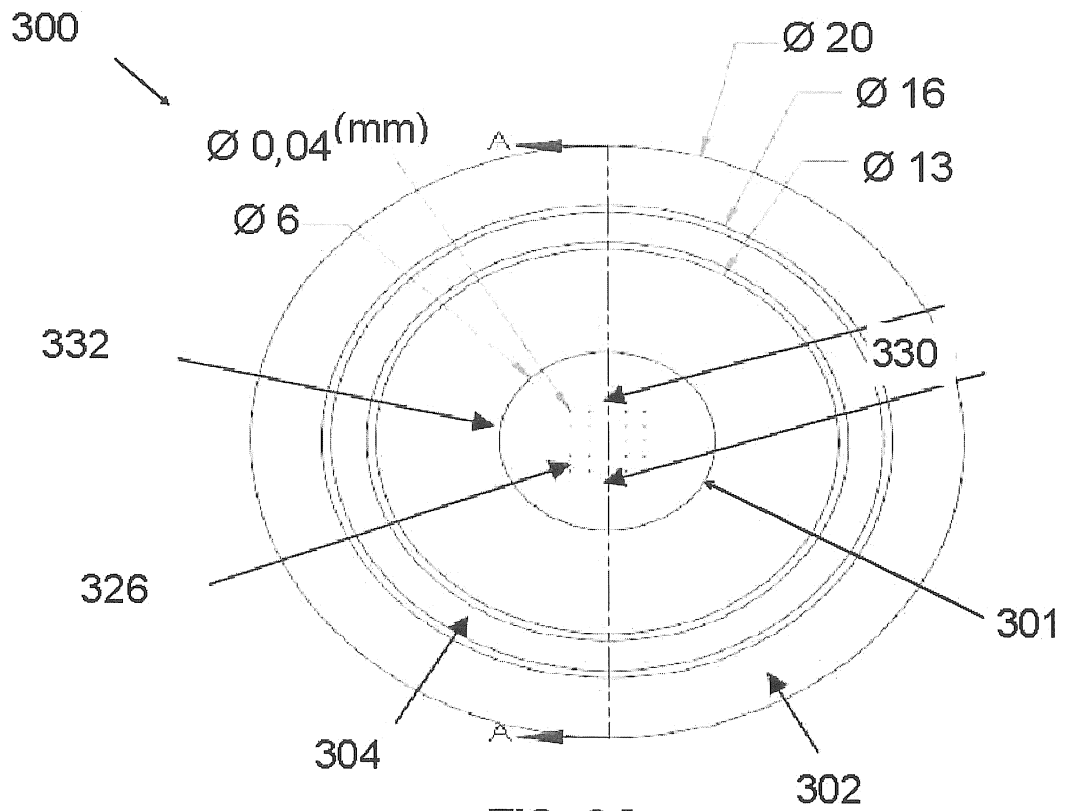
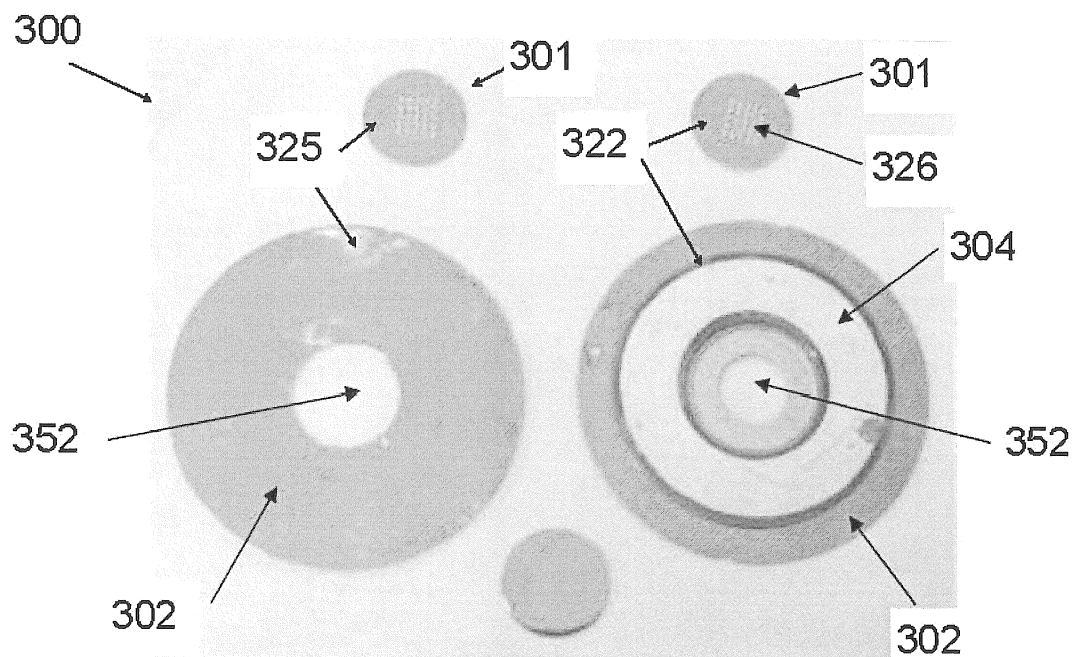
33. Thiết bị phun áp điện theo điểm 32, trong đó bộ vi điều khiển được tạo kết cấu để điều chỉnh một cách không đổi chu kỳ làm tăng thế để làm cân bằng điện áp đầu ra tăng thế và do đó khuếch đại trong mạch cộng hưởng để tạo ra cơ cấu dẫn động điện áp không đổi.

34. Thiết bị phun áp điện theo điểm 32, trong đó bộ vi điều khiển được tạo kết cấu để duy trì tín hiệu dẫn động ở tần số không đổi.

35. Thiết bị phun áp điện theo điểm 32, trong đó bộ vi điều khiển được tạo kết cấu để phát động tín hiệu dẫn động bằng cách quét tần số của tín hiệu dẫn động qua toàn bộ dải tần được xác định 36. Thiết bị phun áp điện theo điểm 32, trong đó mạch logic kết hợp các tín hiệu từ hai NCO để xác định tín hiệu được kết hợp mà ngăn chặn theo định kỳ CWG để tạo ra hai sóng vuông đối pha với các dải tần chết có thể điều chỉnh được đến mạch chuyển dịch mức.

**FIG. 1**



**FIG. 3A****FIG. 3B**

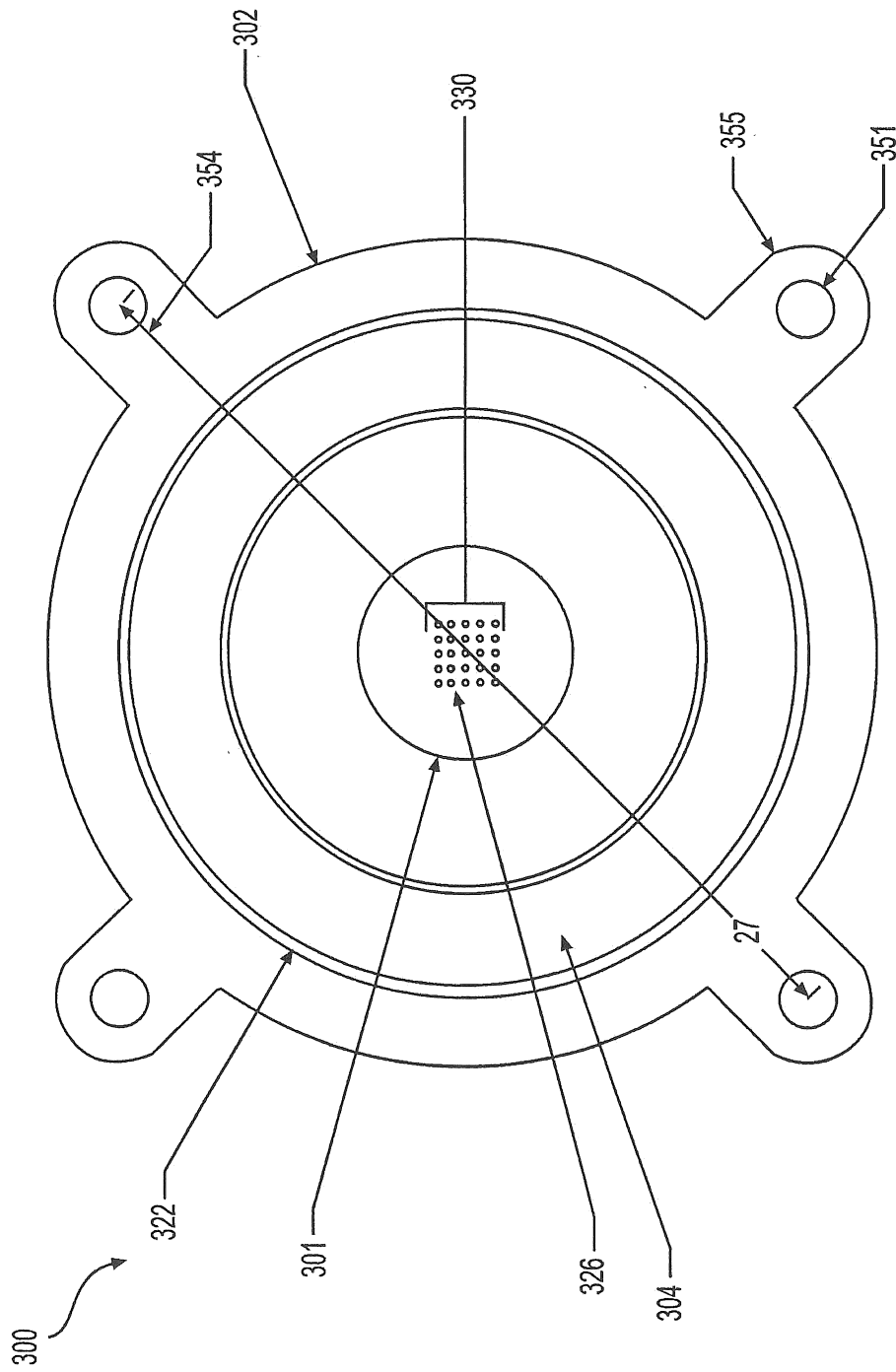


FIG. 3C

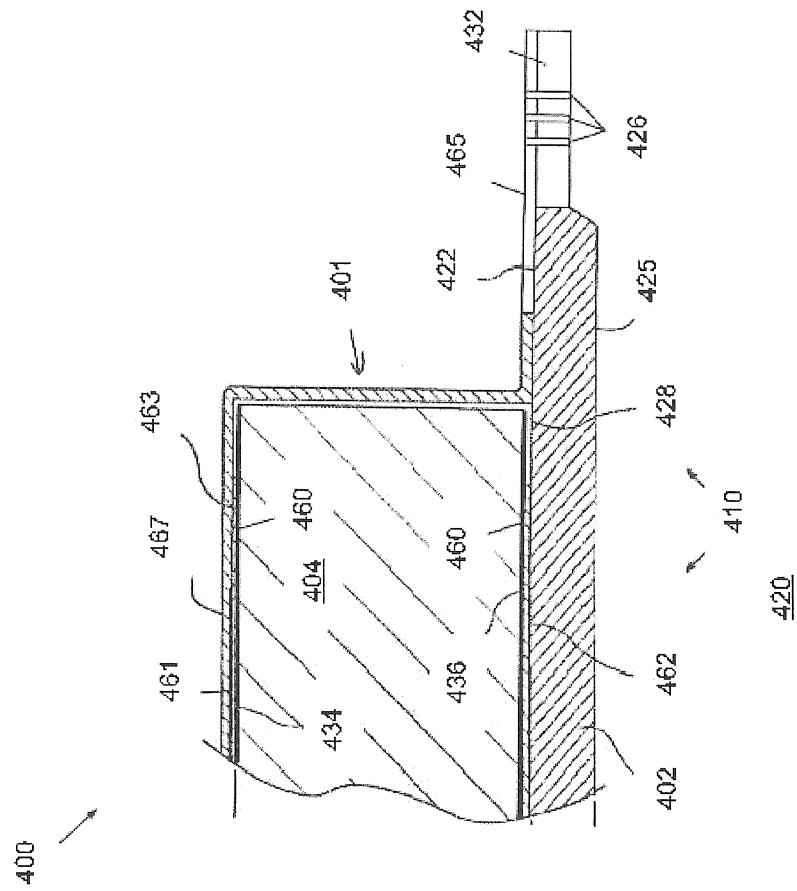


FIG. 4

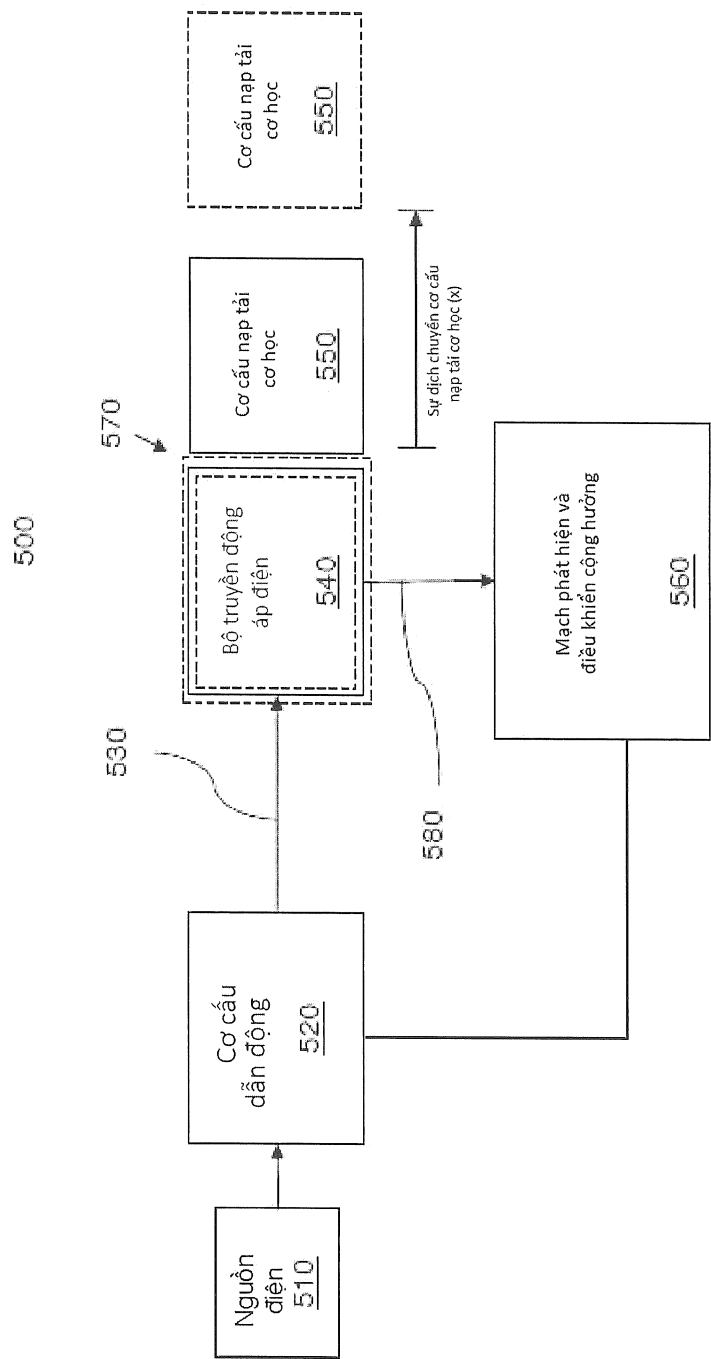


FIG. 5

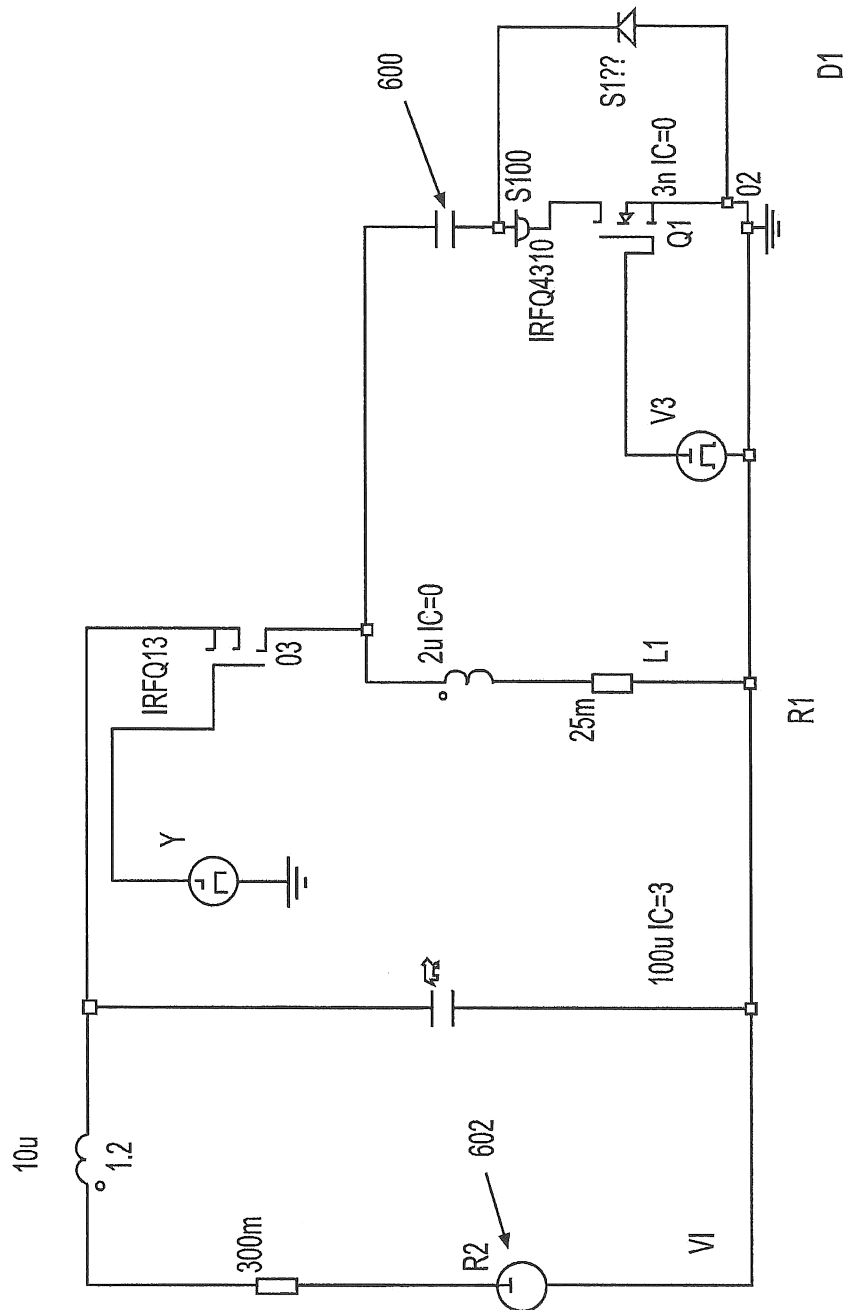


FIG. 6

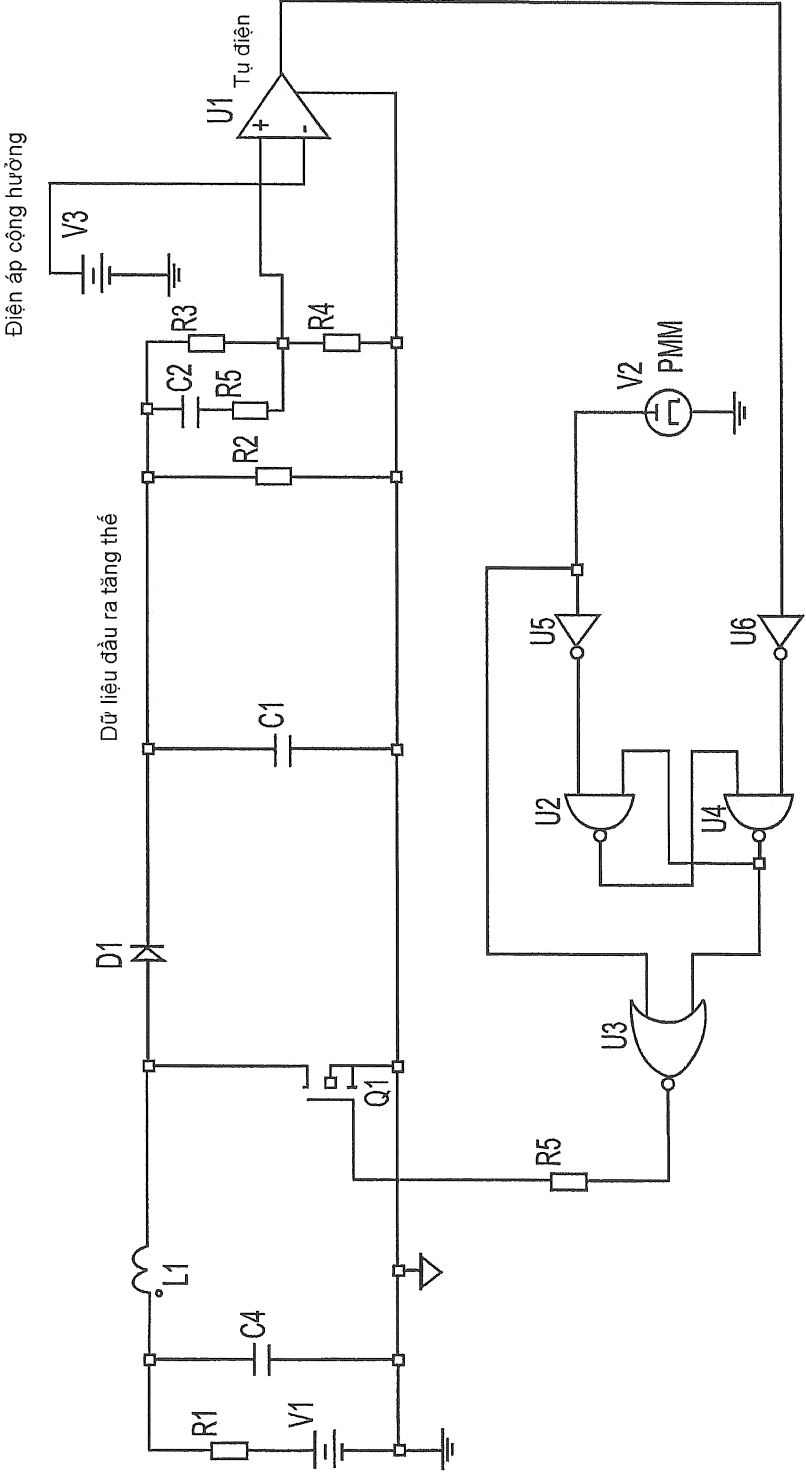


FIG. 7

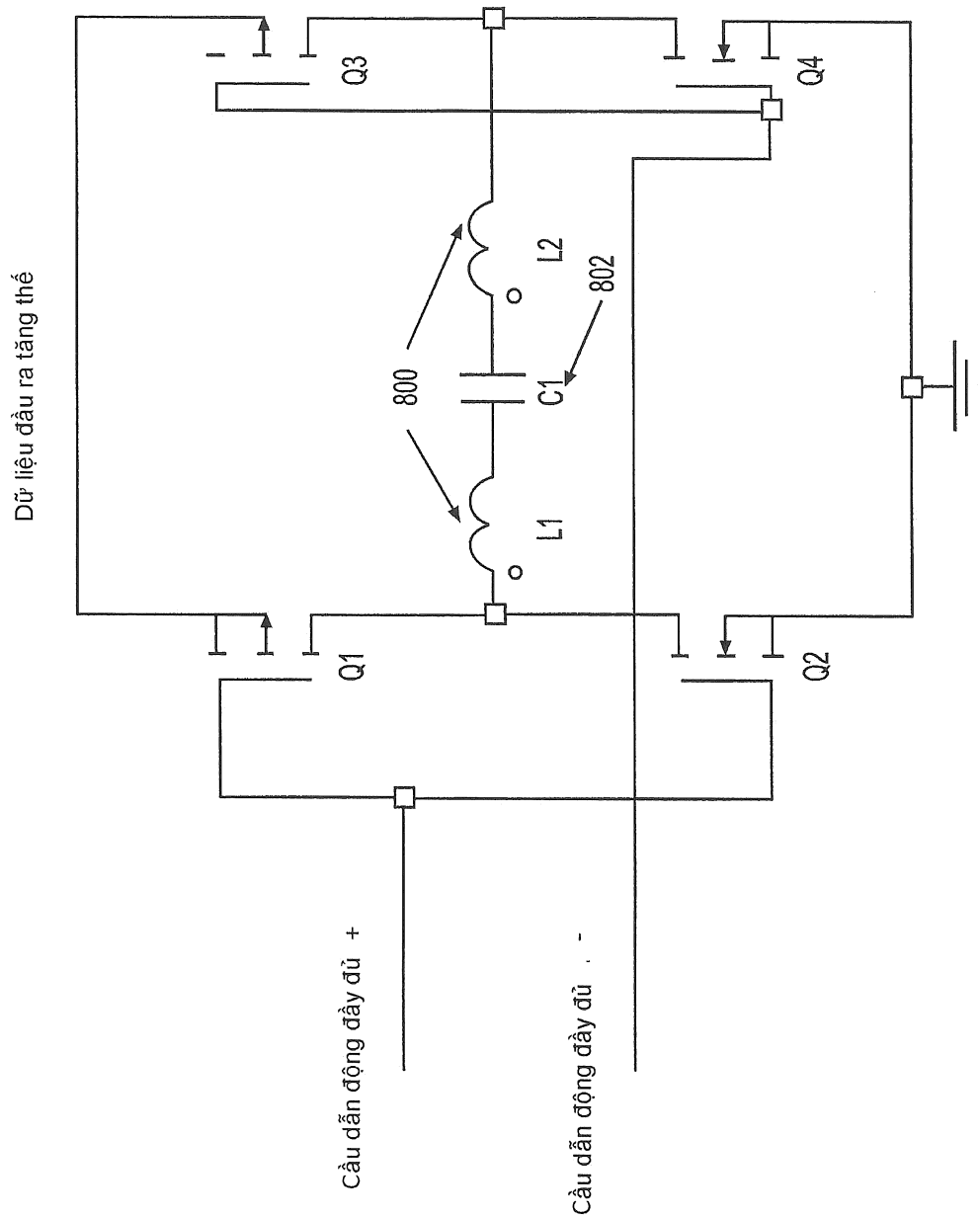


FIG. 8

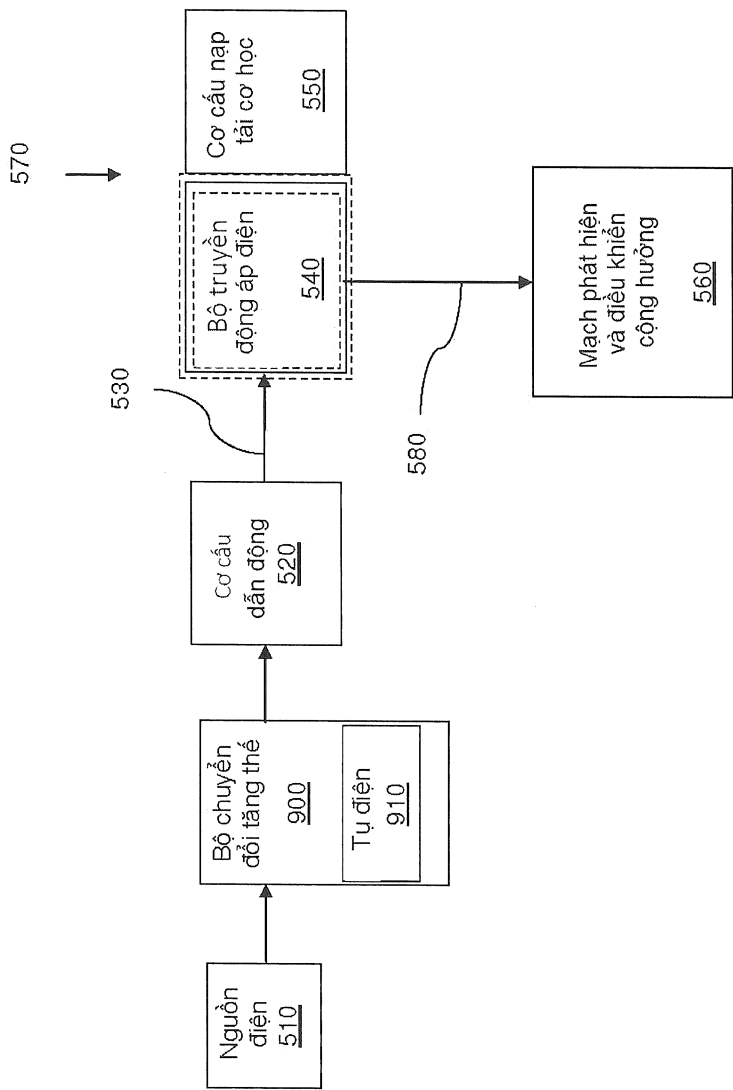


FIG. 9

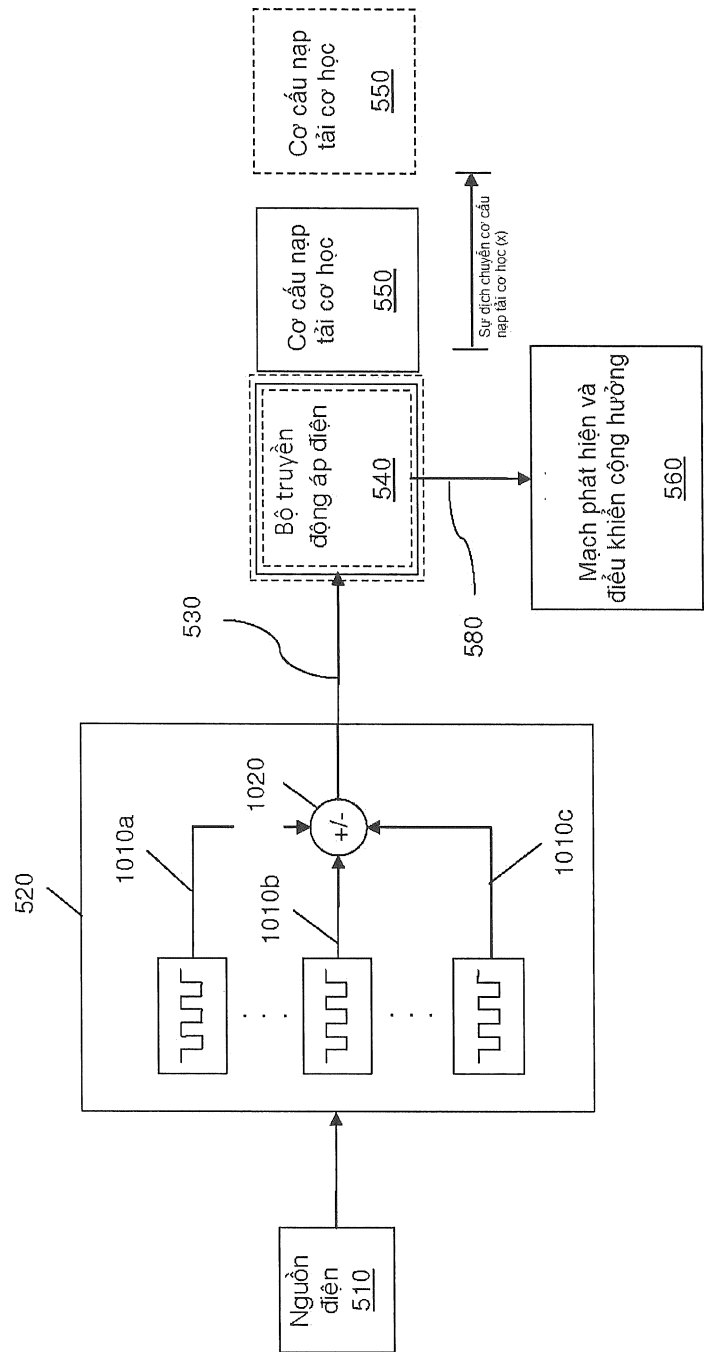
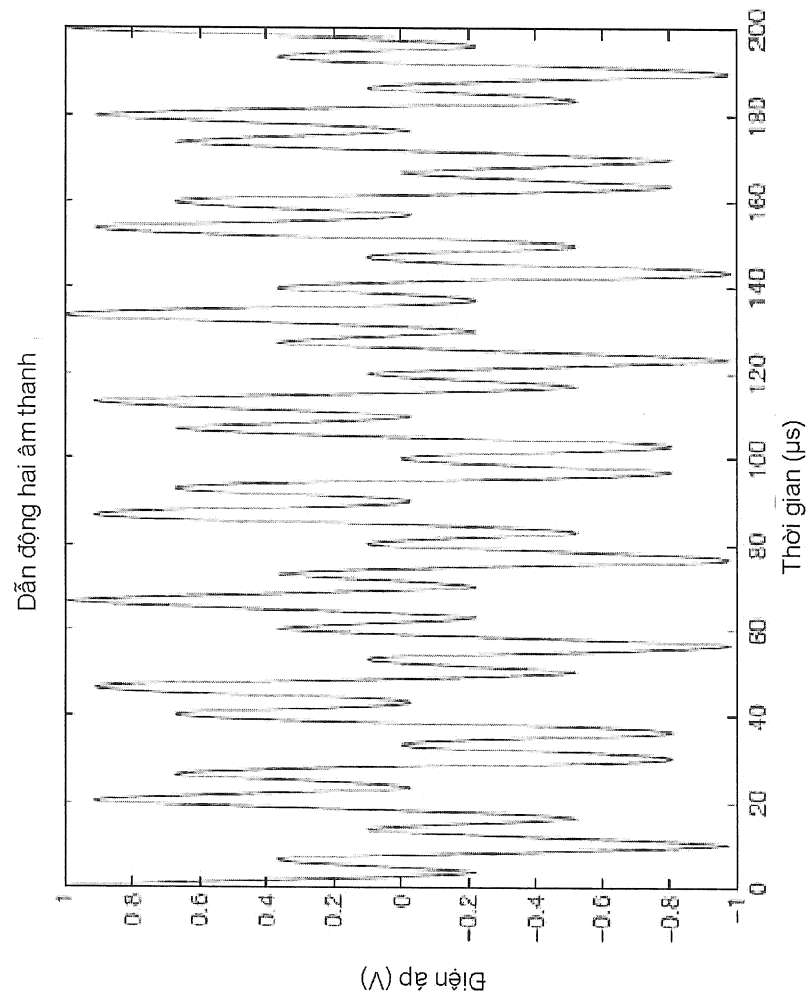


FIG. 10

**FIG. 11**

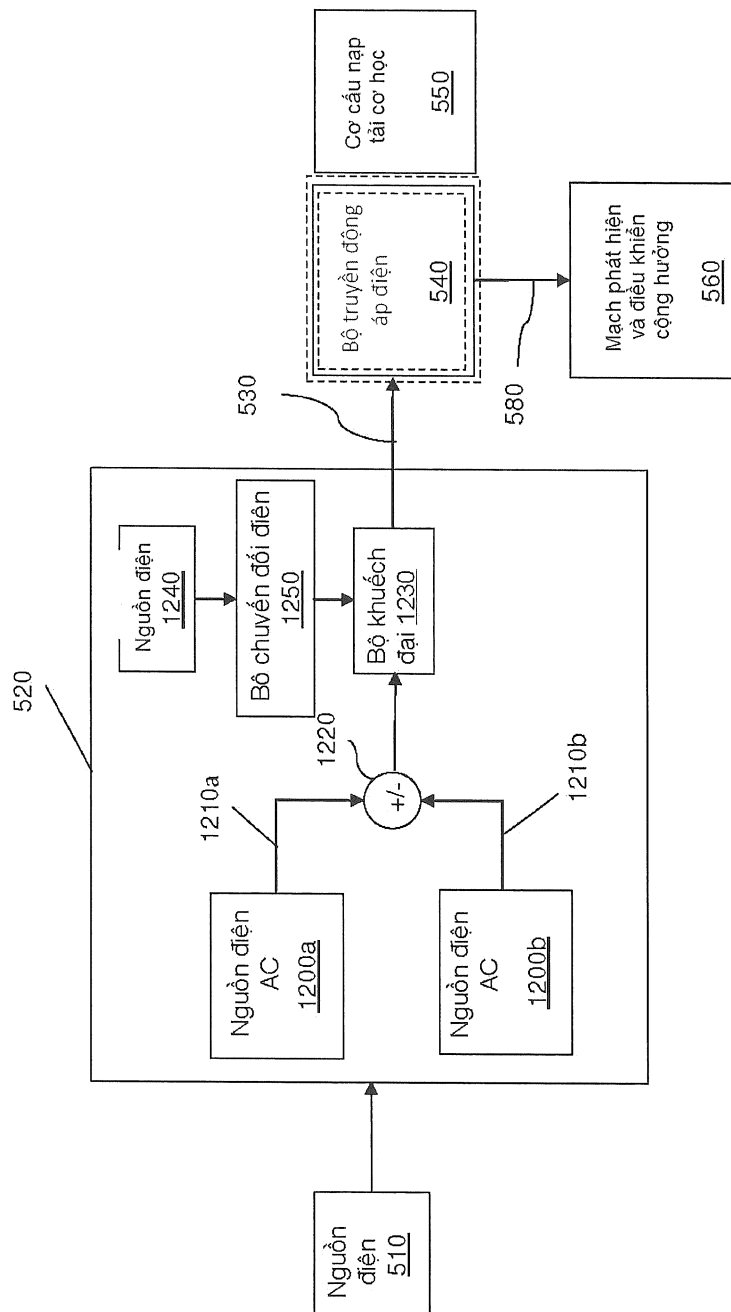


FIG. 12

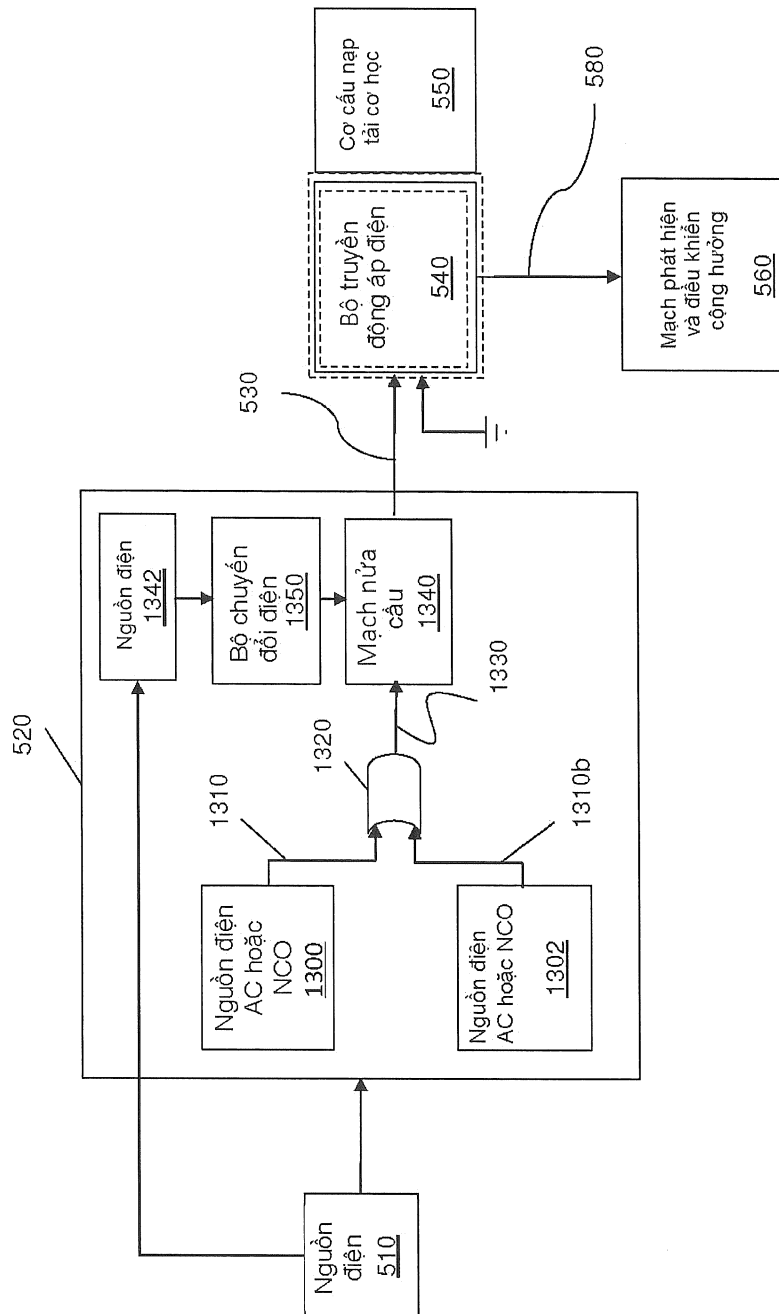


FIG. 13

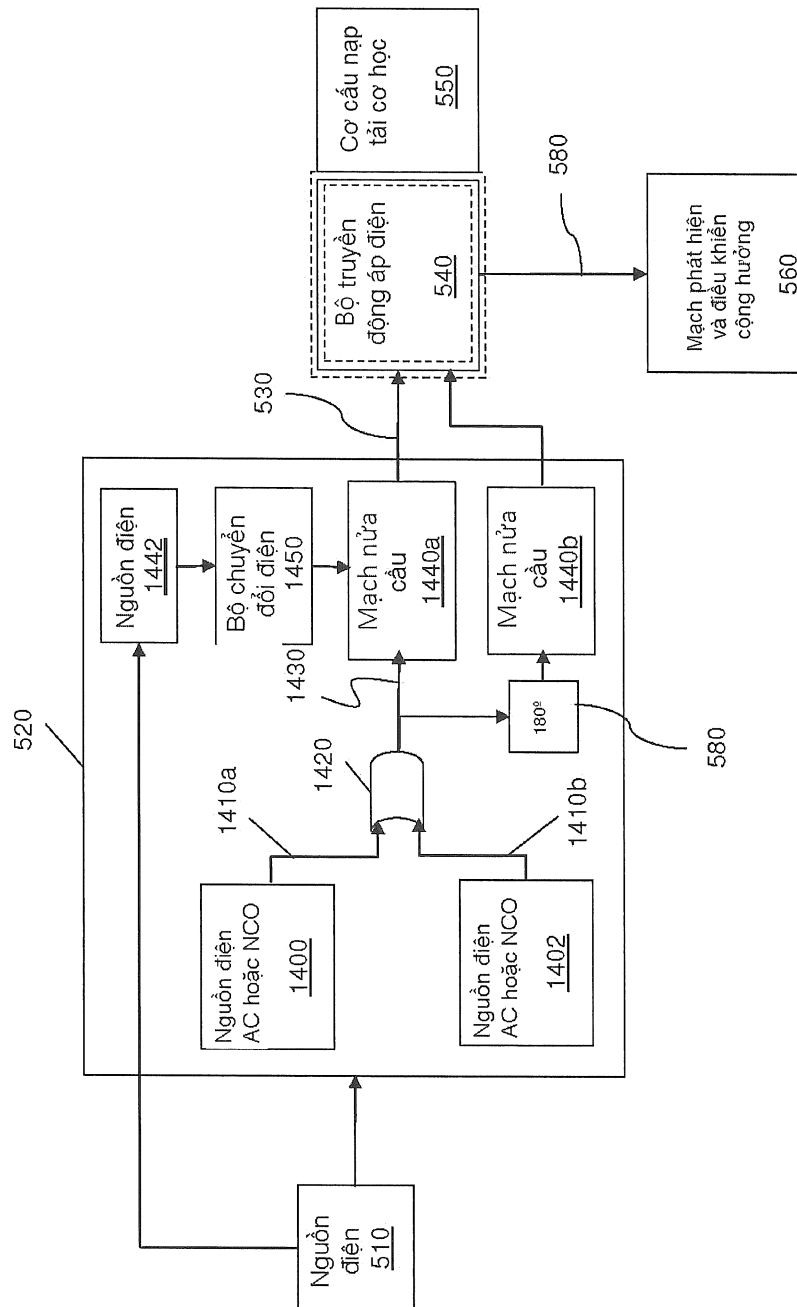


FIG. 14

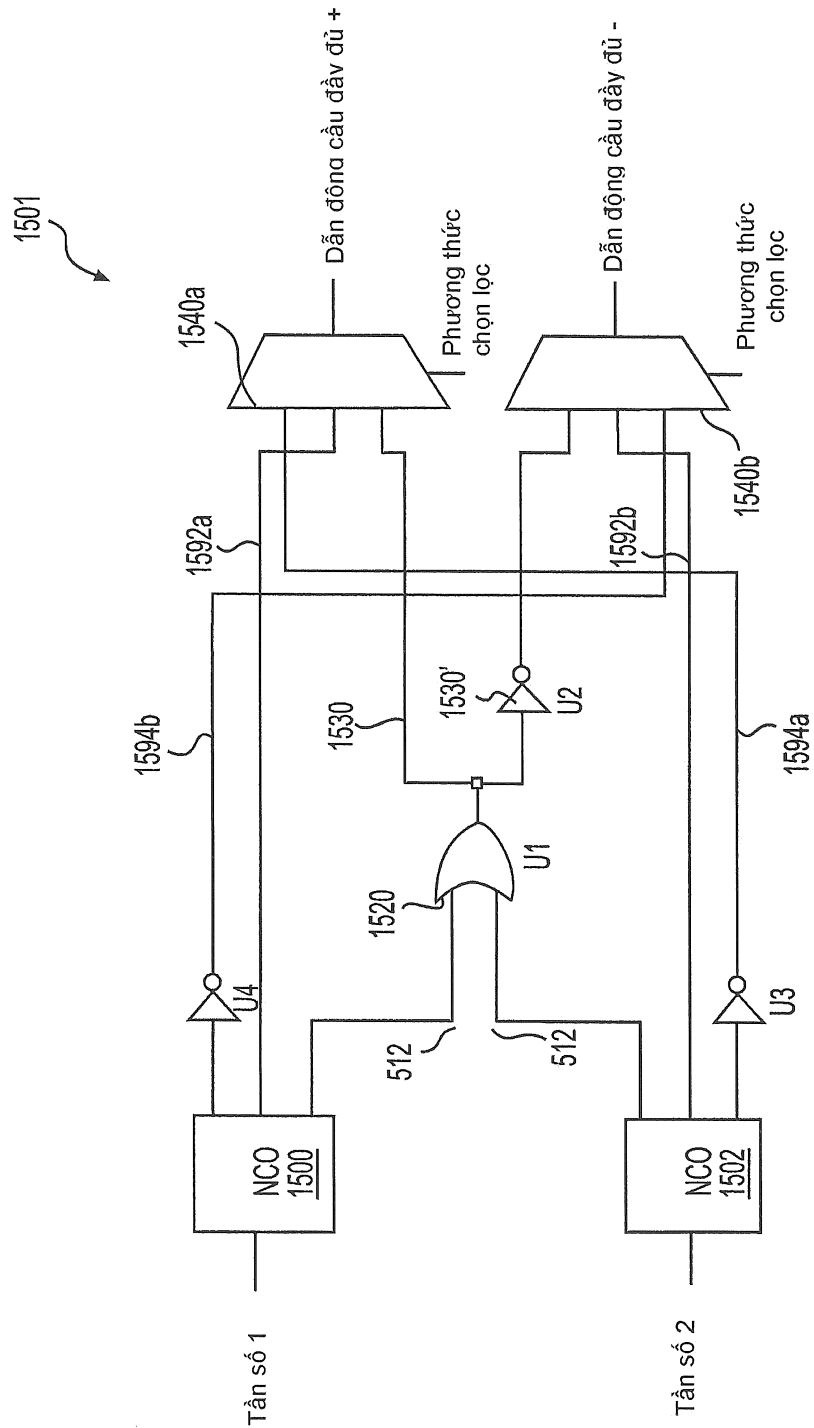


FIG. 15

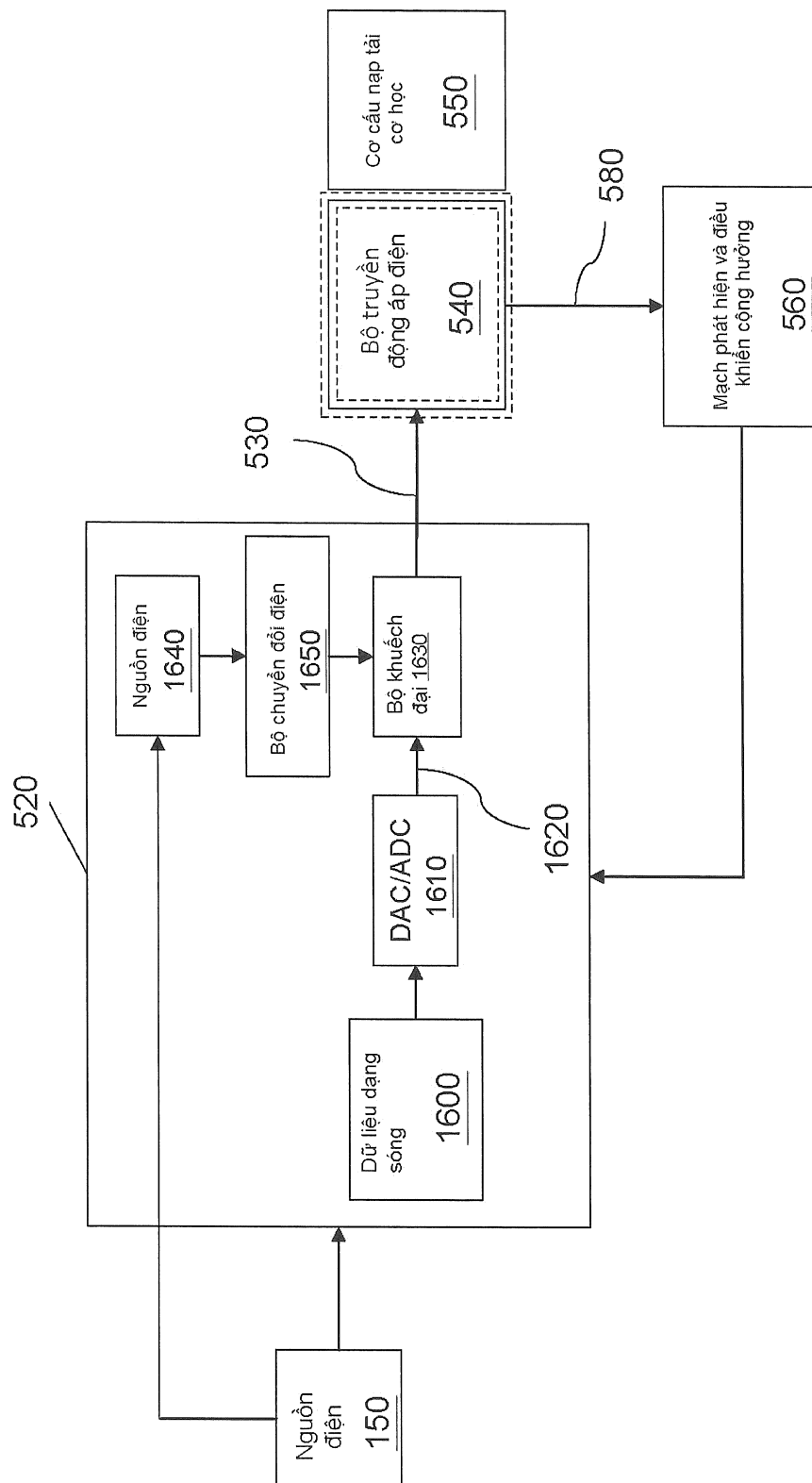


FIG. 16

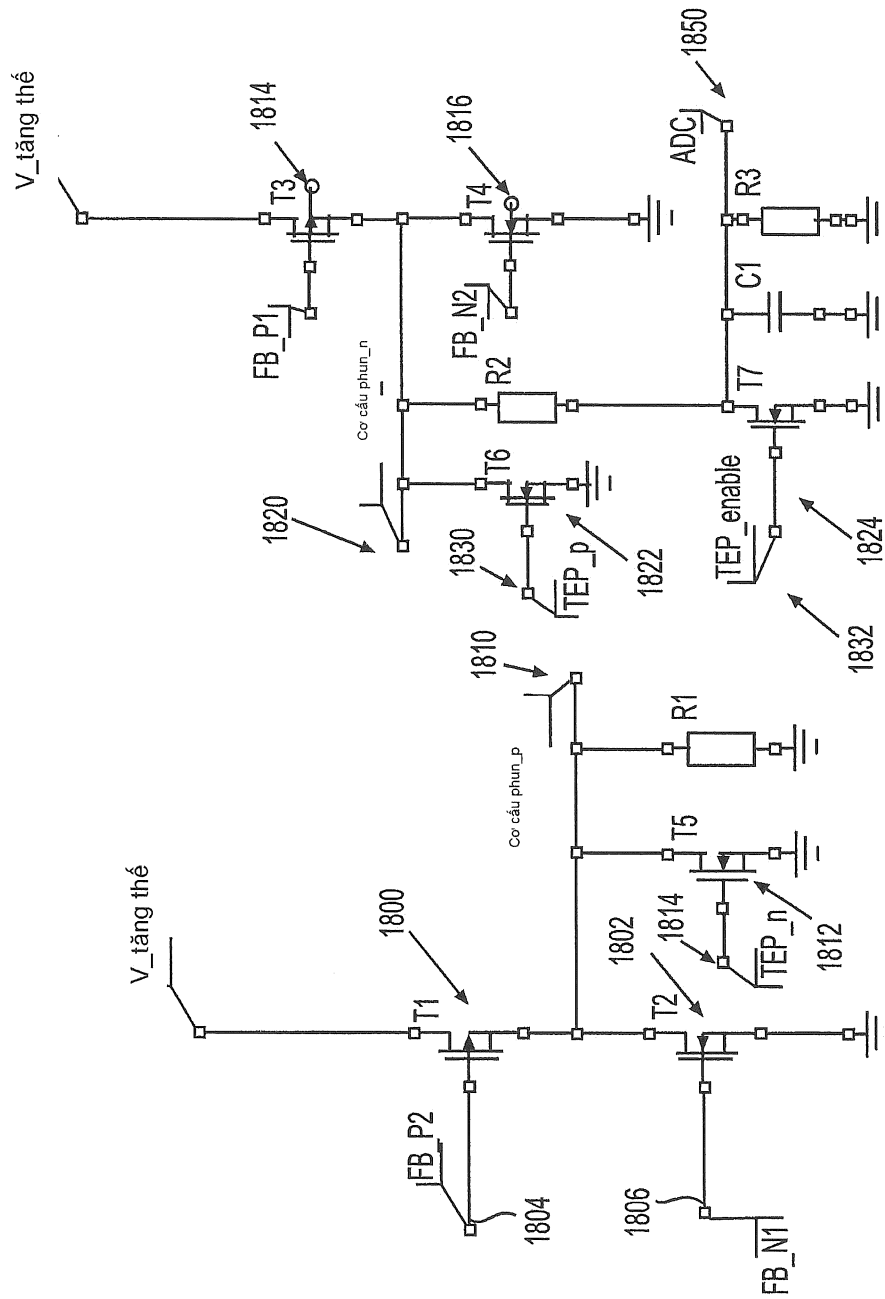


FIG. 17

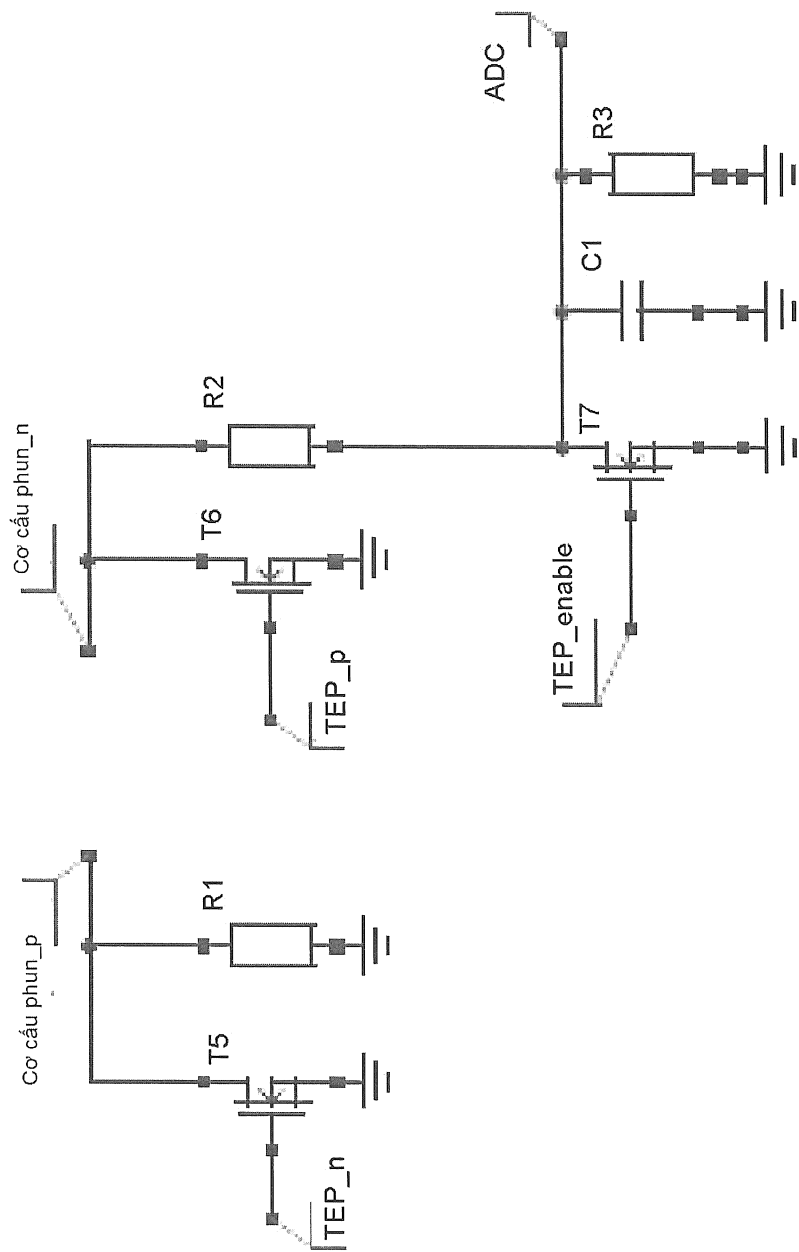
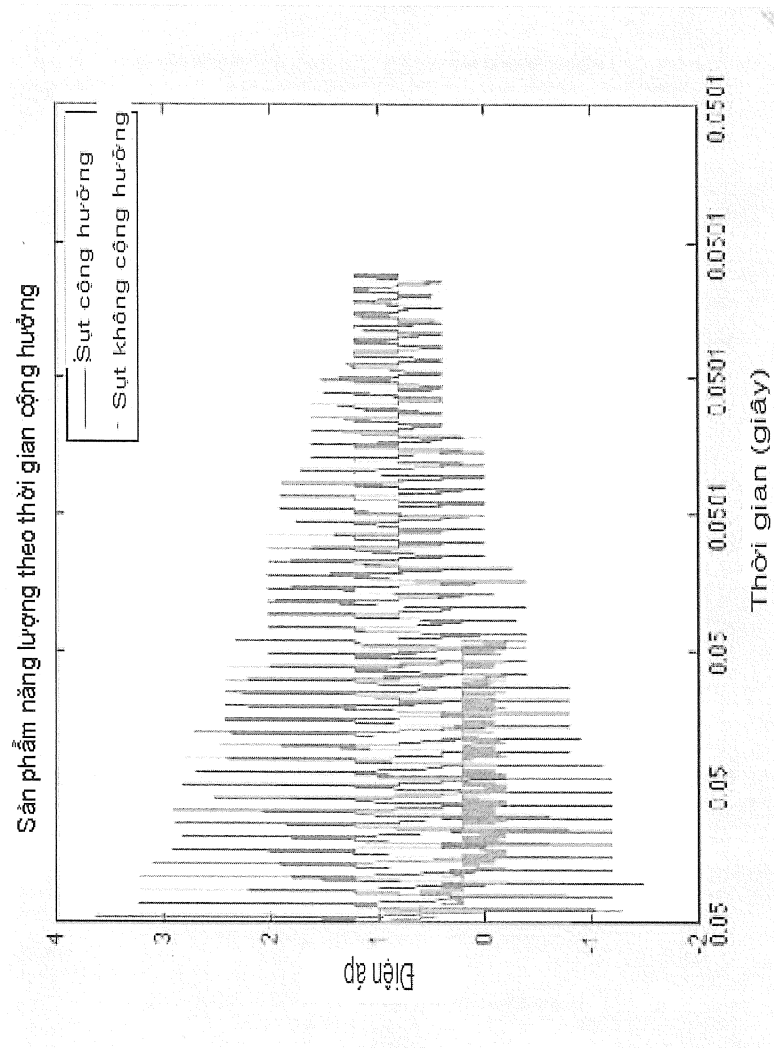


FIG. 18

**FIG. 19**

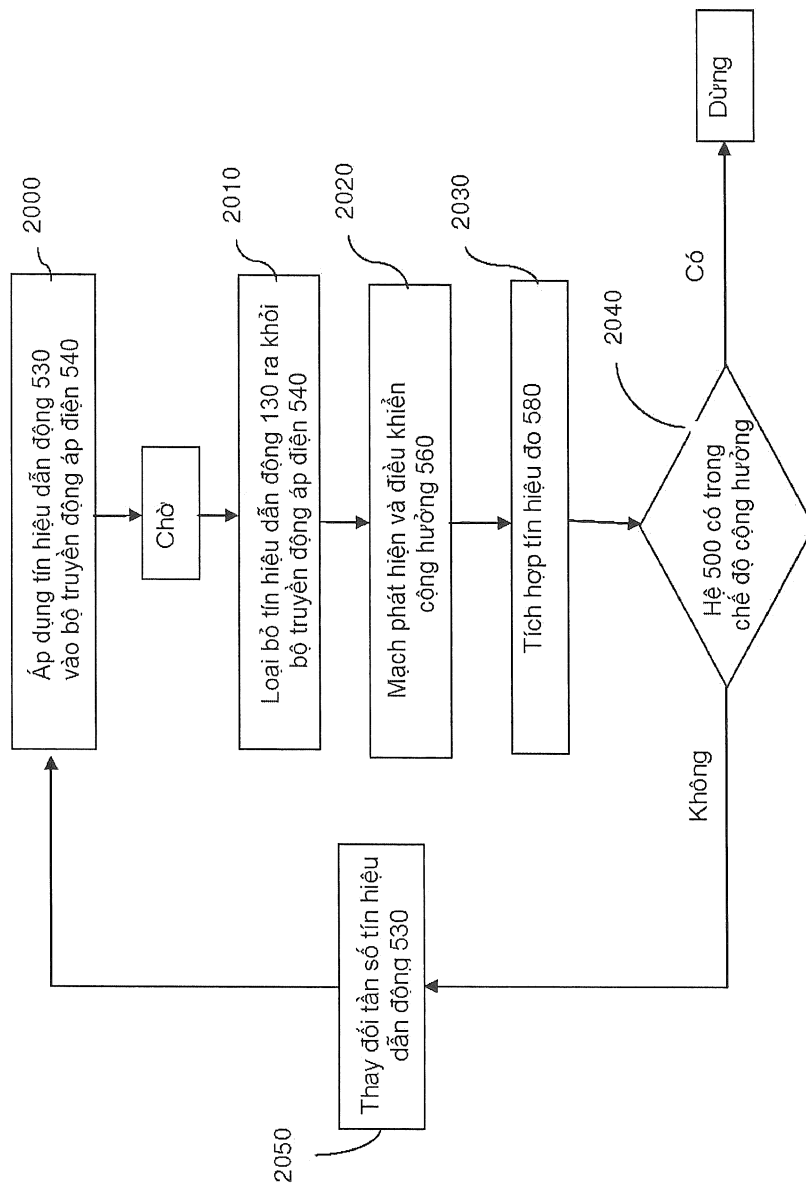


FIG. 20

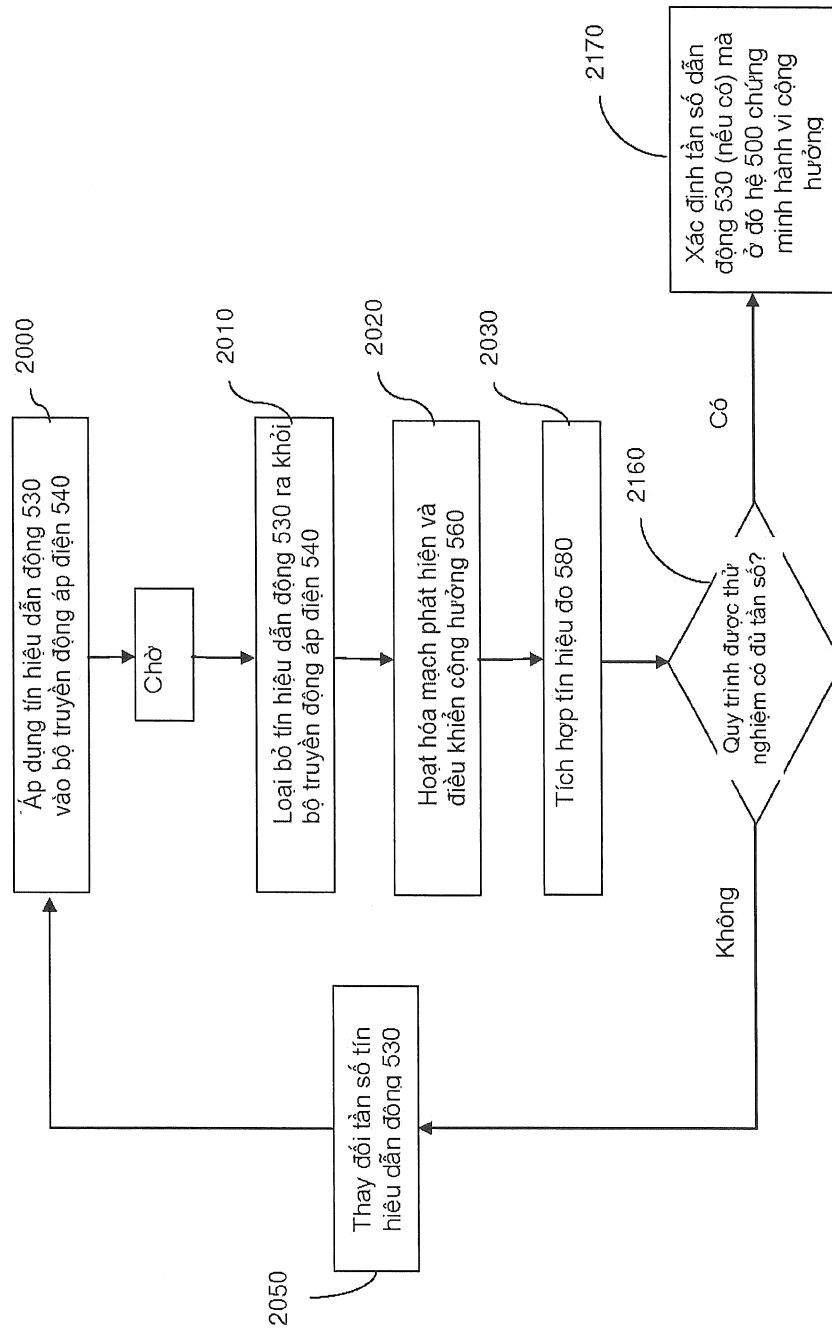
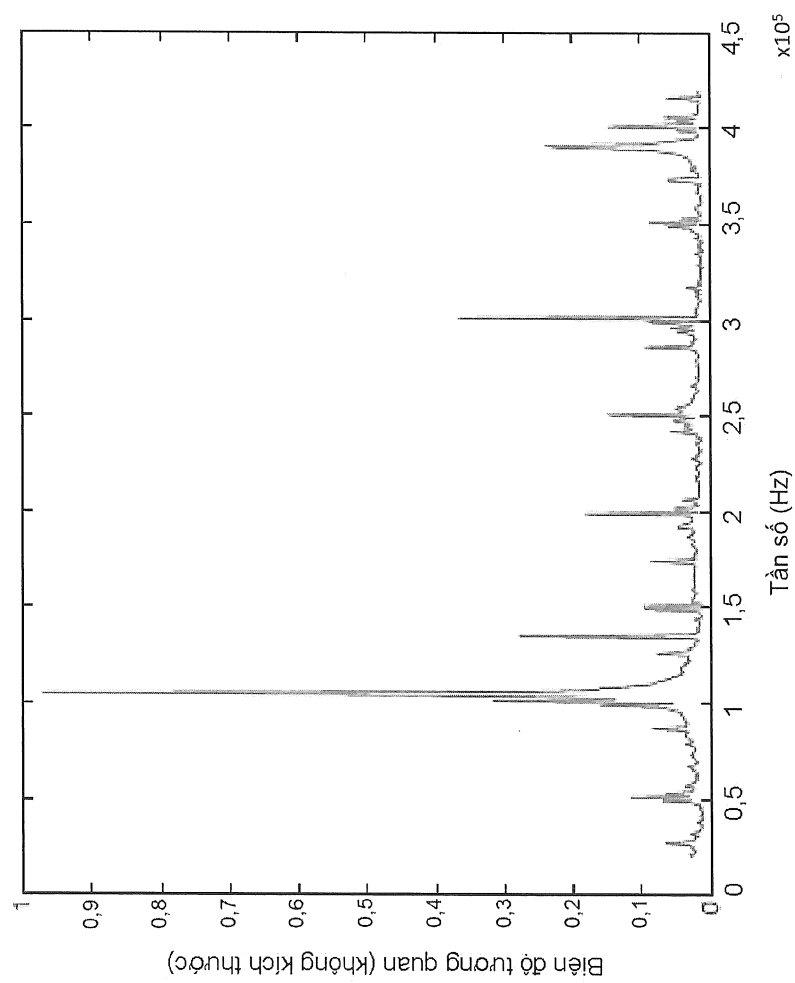
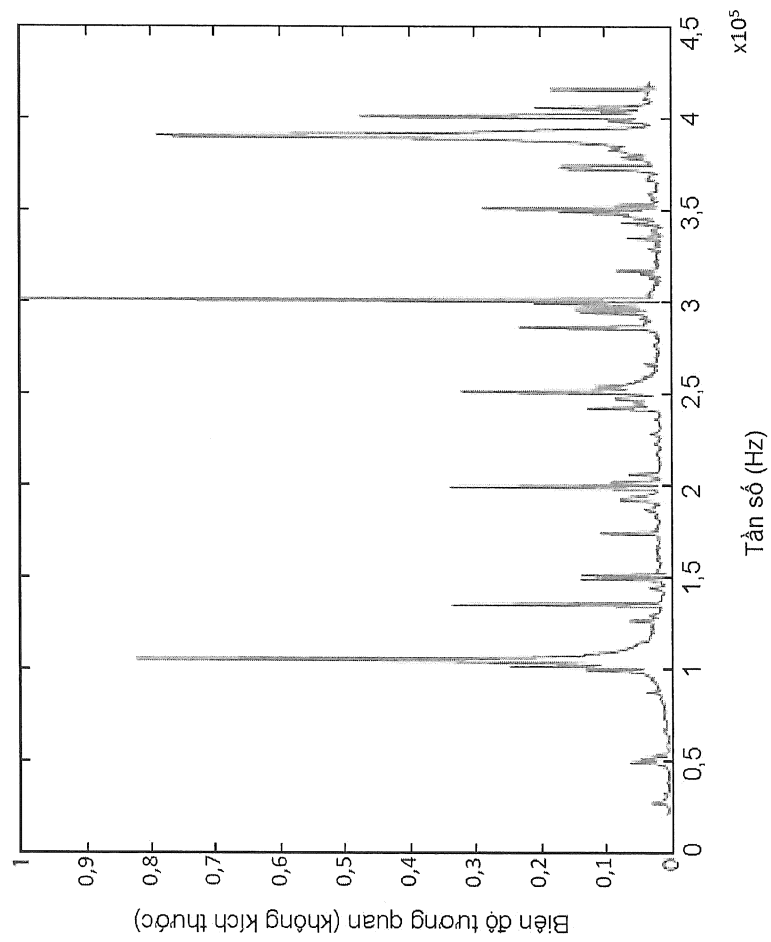


FIG. 21

**FIG. 22**

**FIG. 23**

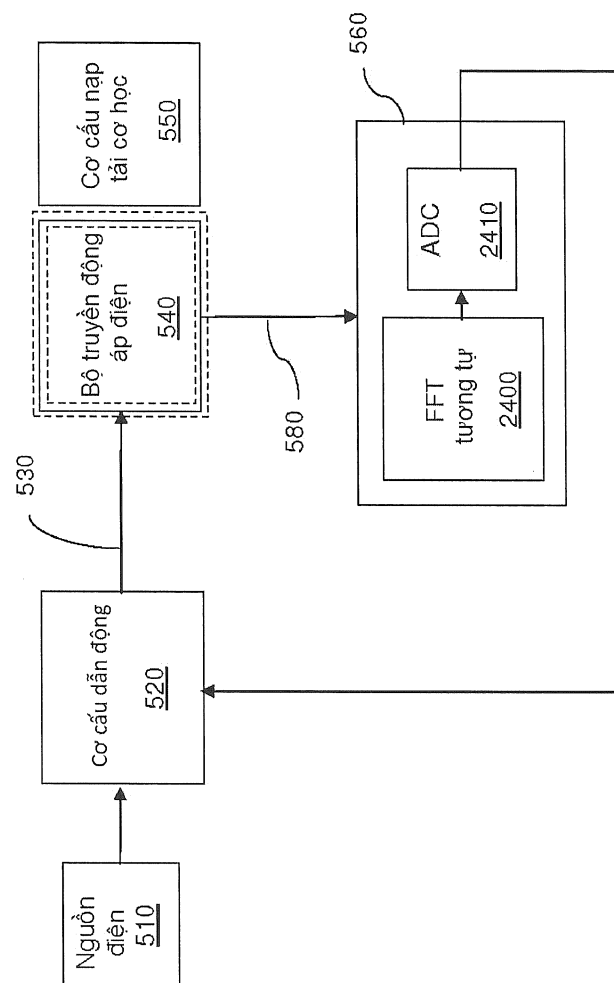


FIG. 24

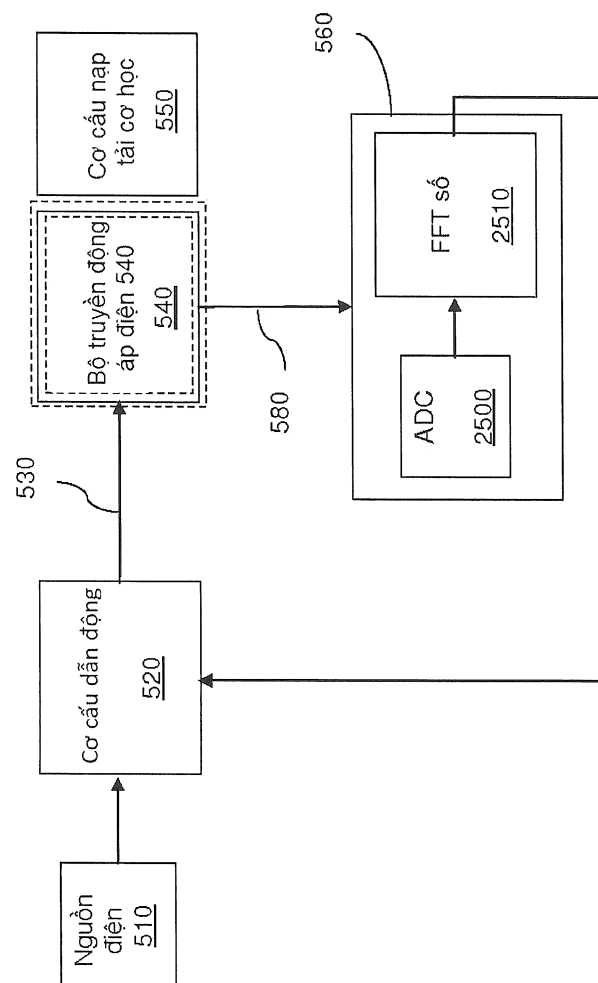


FIG. 25

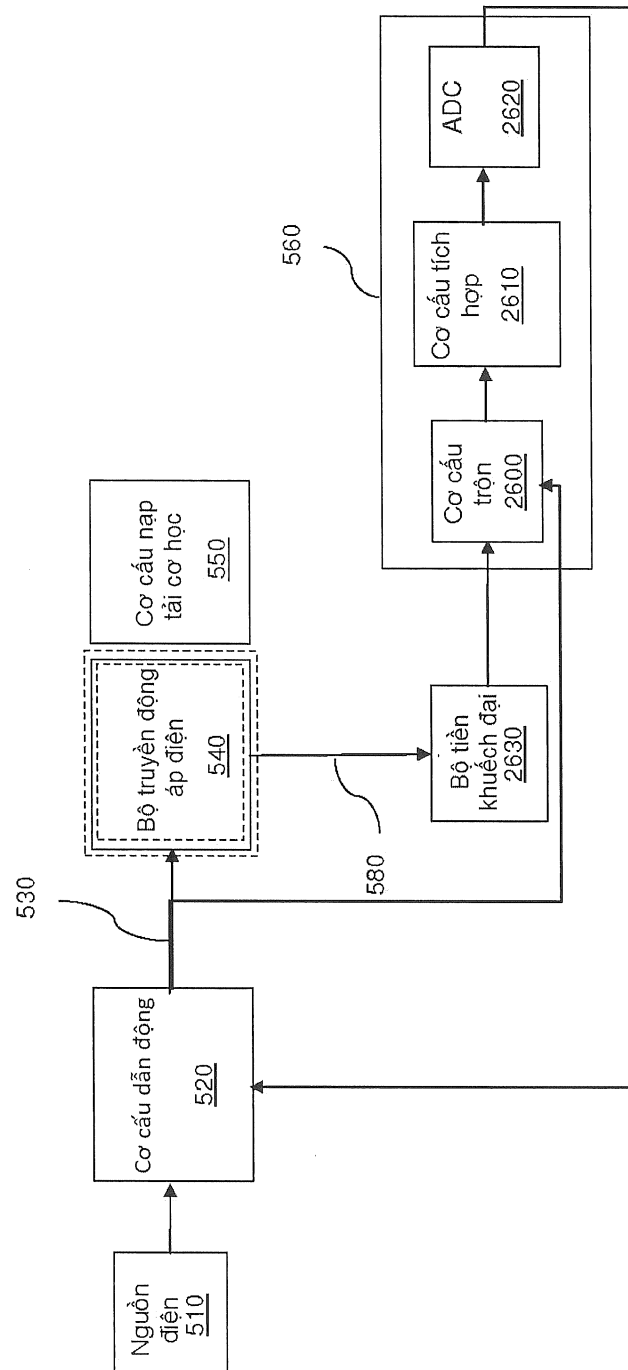


FIG. 26

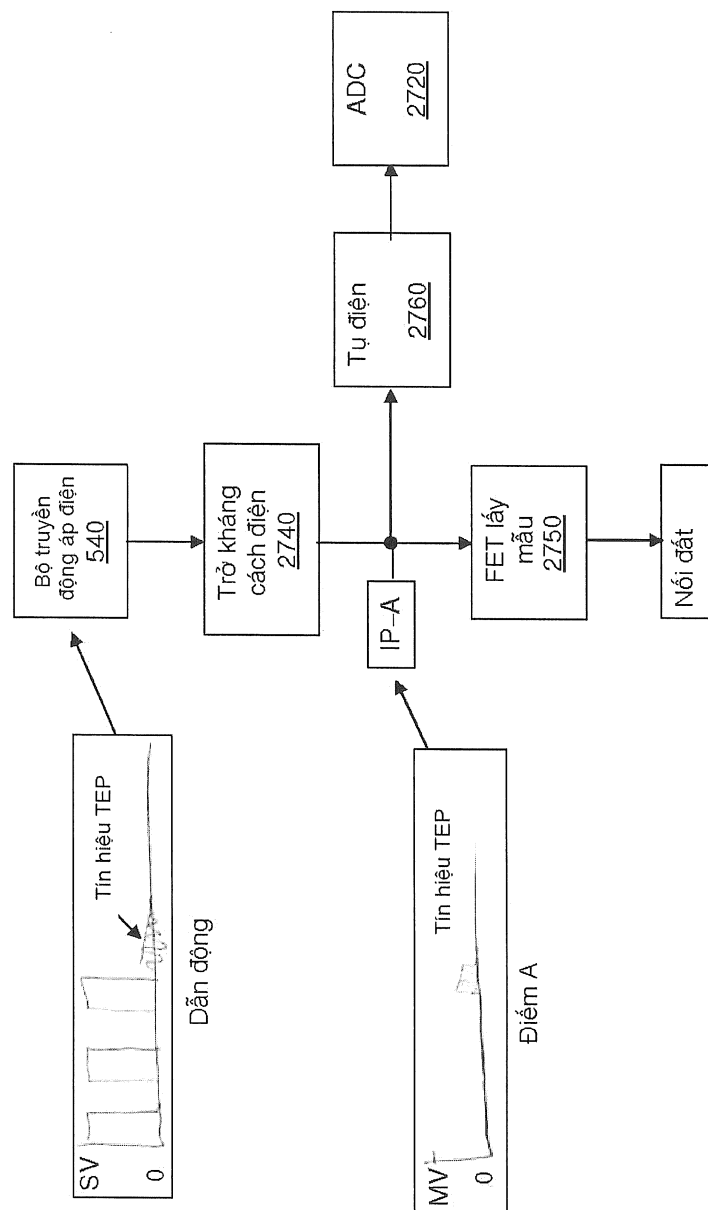


FIG. 27

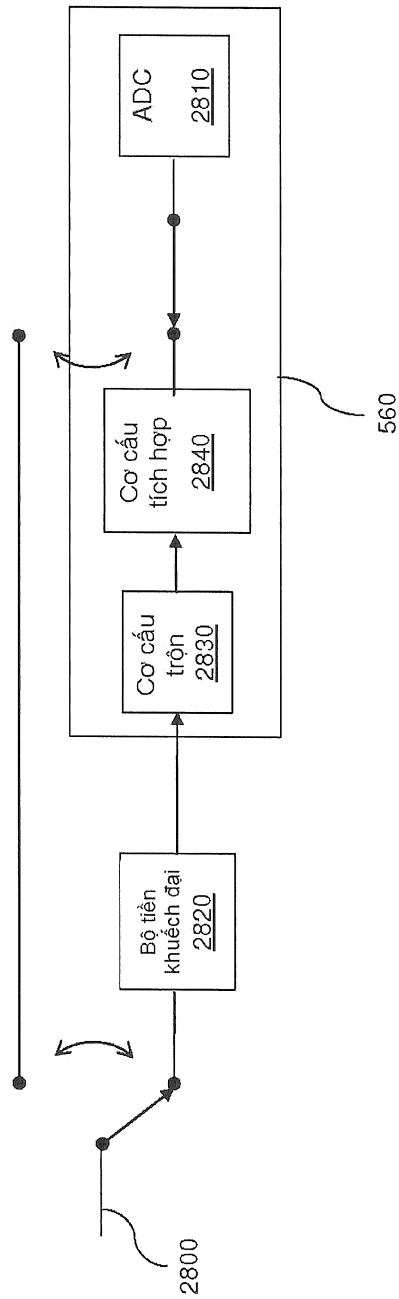


FIG. 28

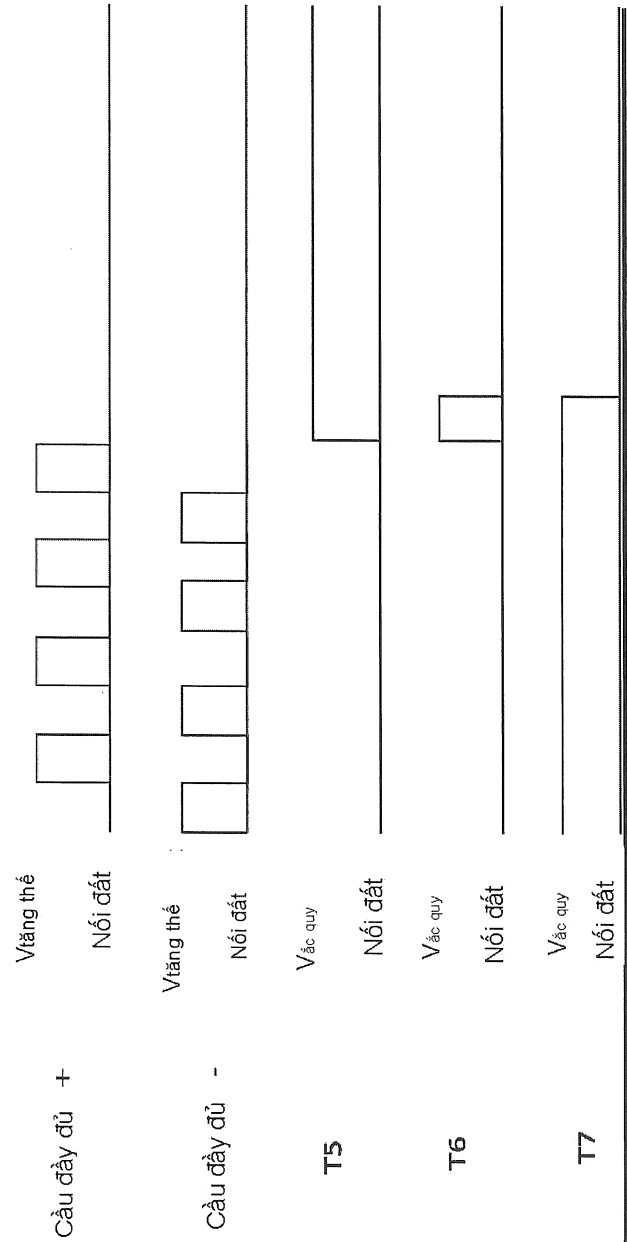
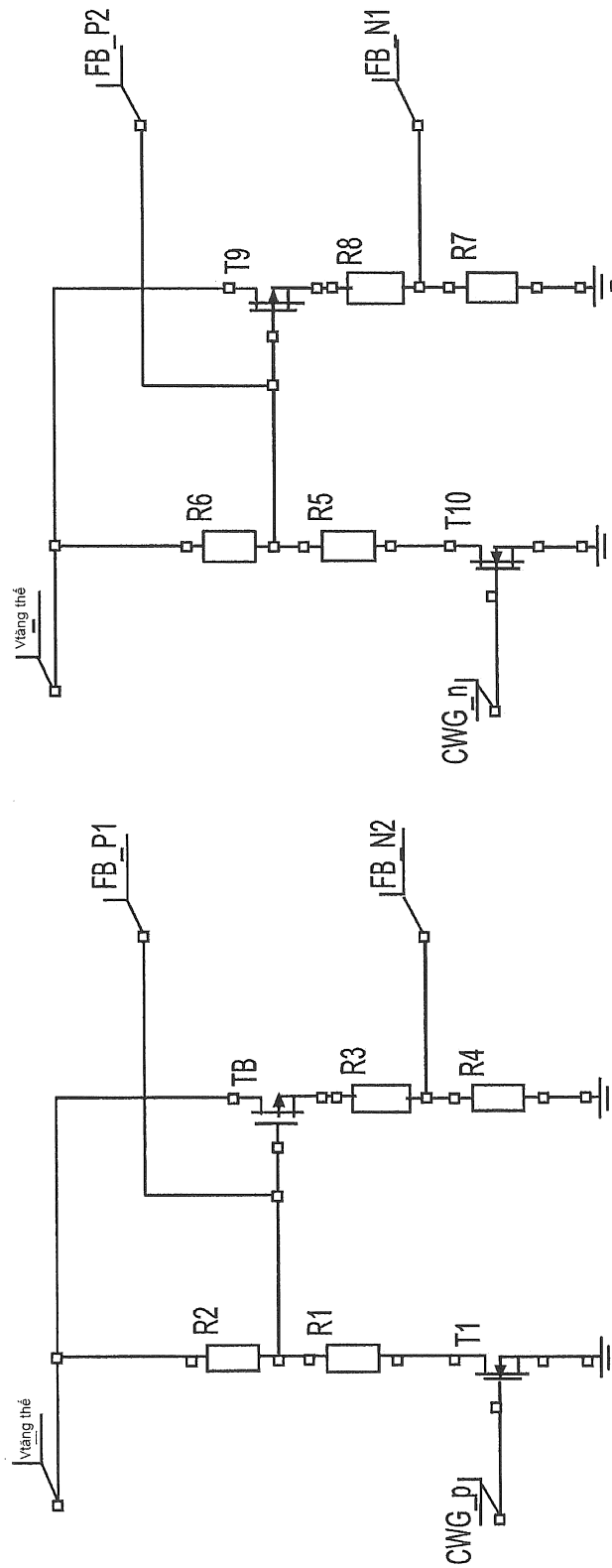
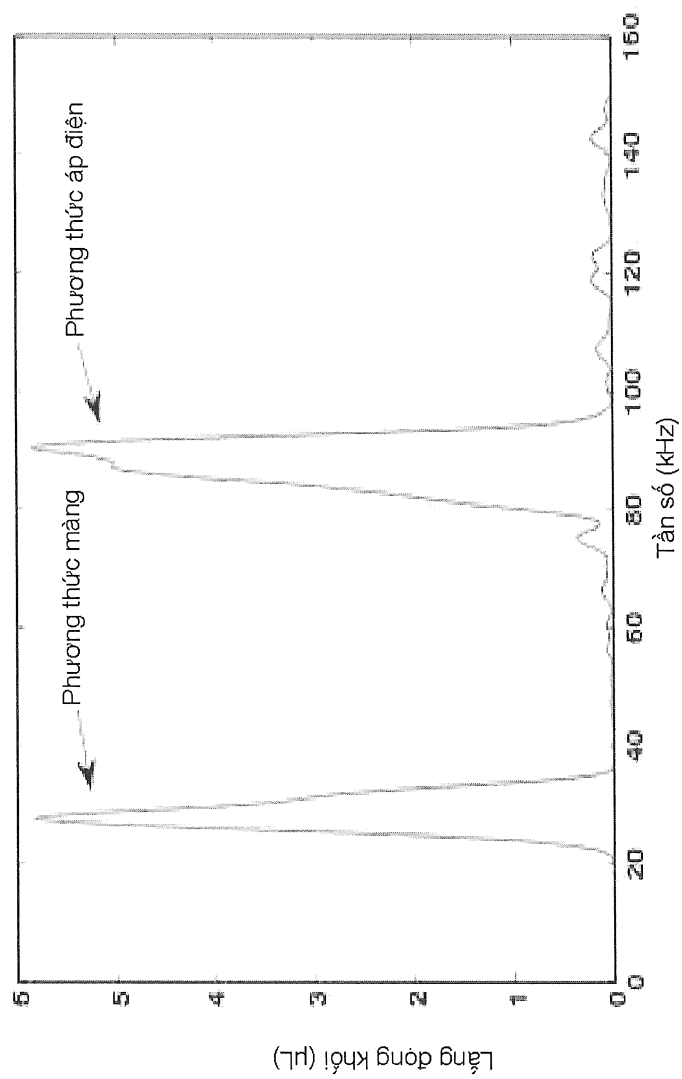
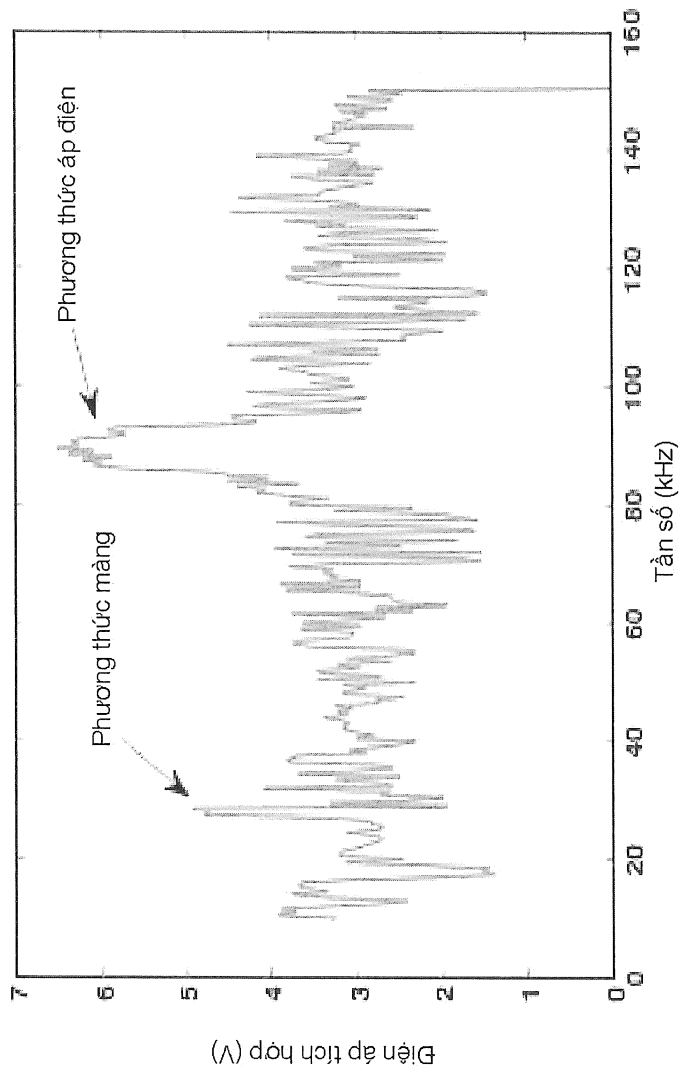


FIG. 29

**FIG. 30**

**FIG. 31**

**FIG. 32**

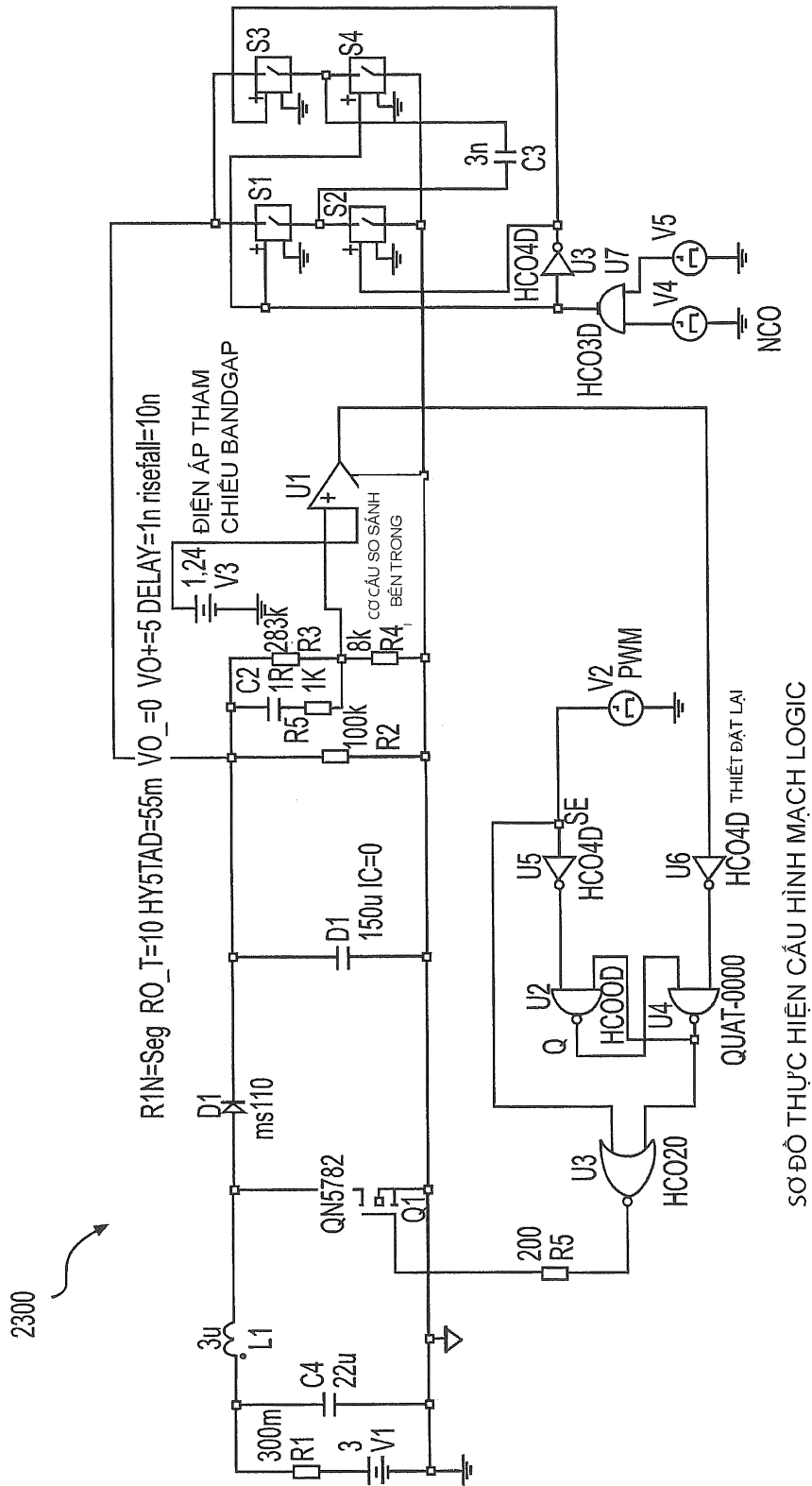
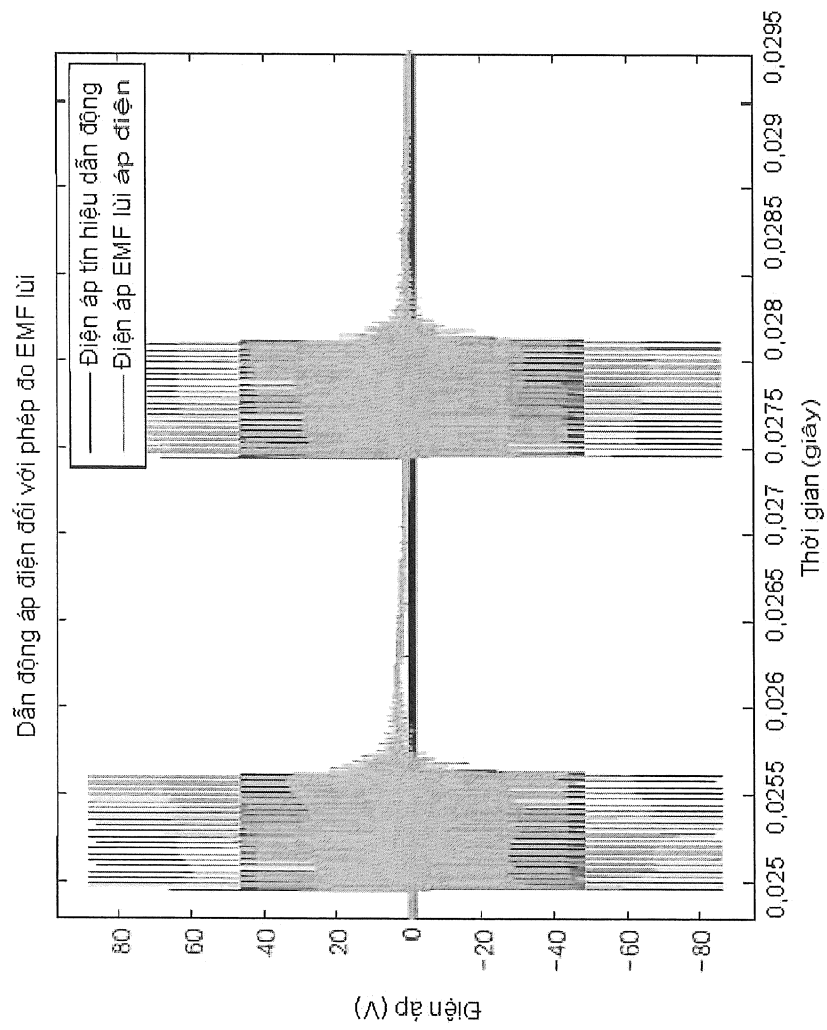
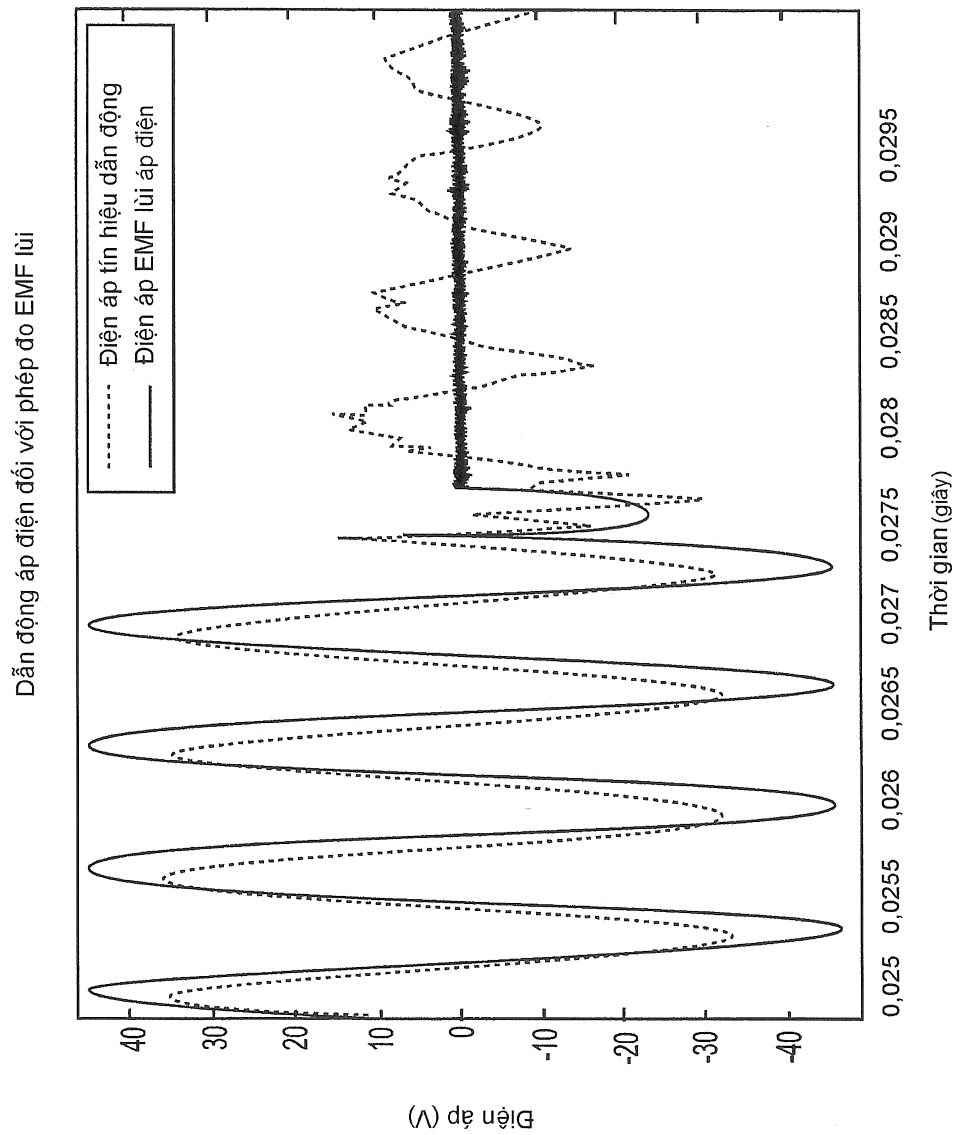
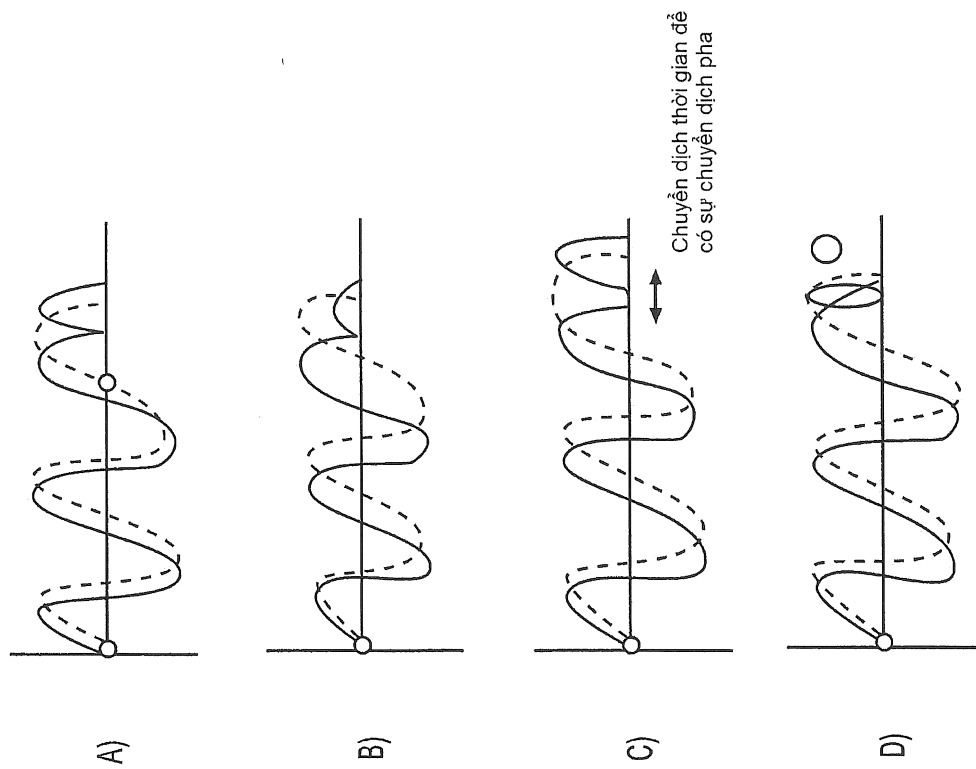


FIG. 33

**FIG. 34A**

**FIG. 34B**

**FIG. 35**

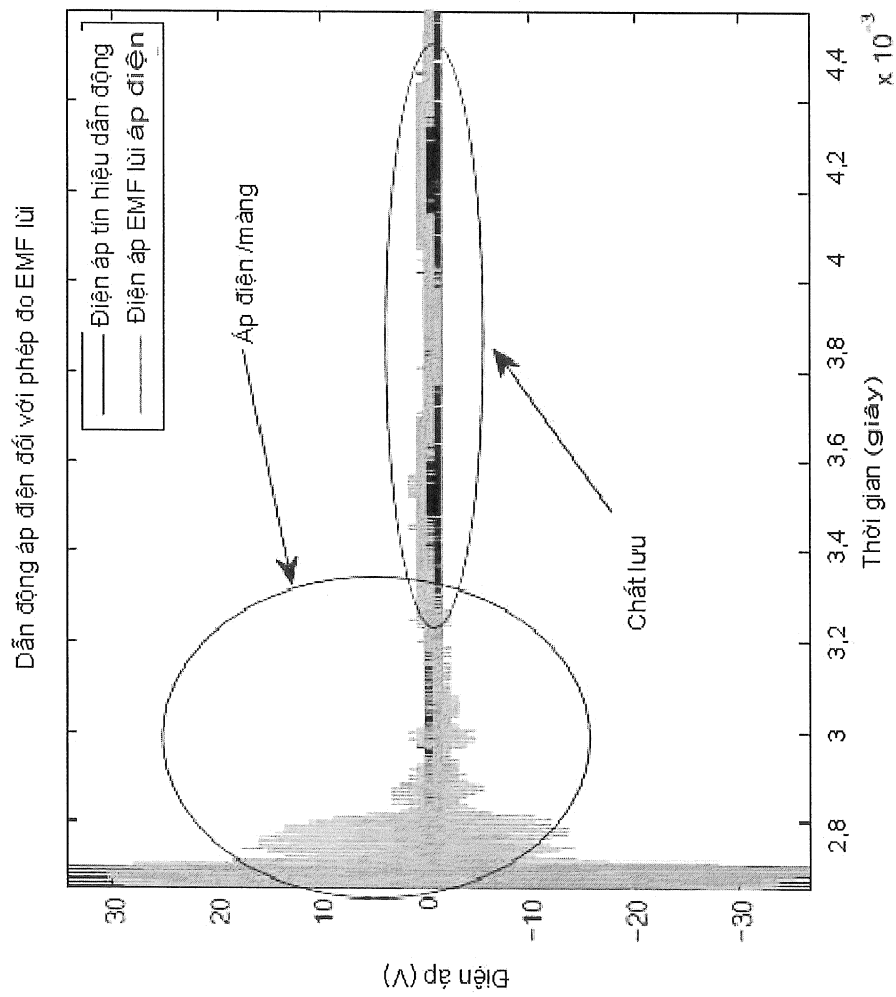
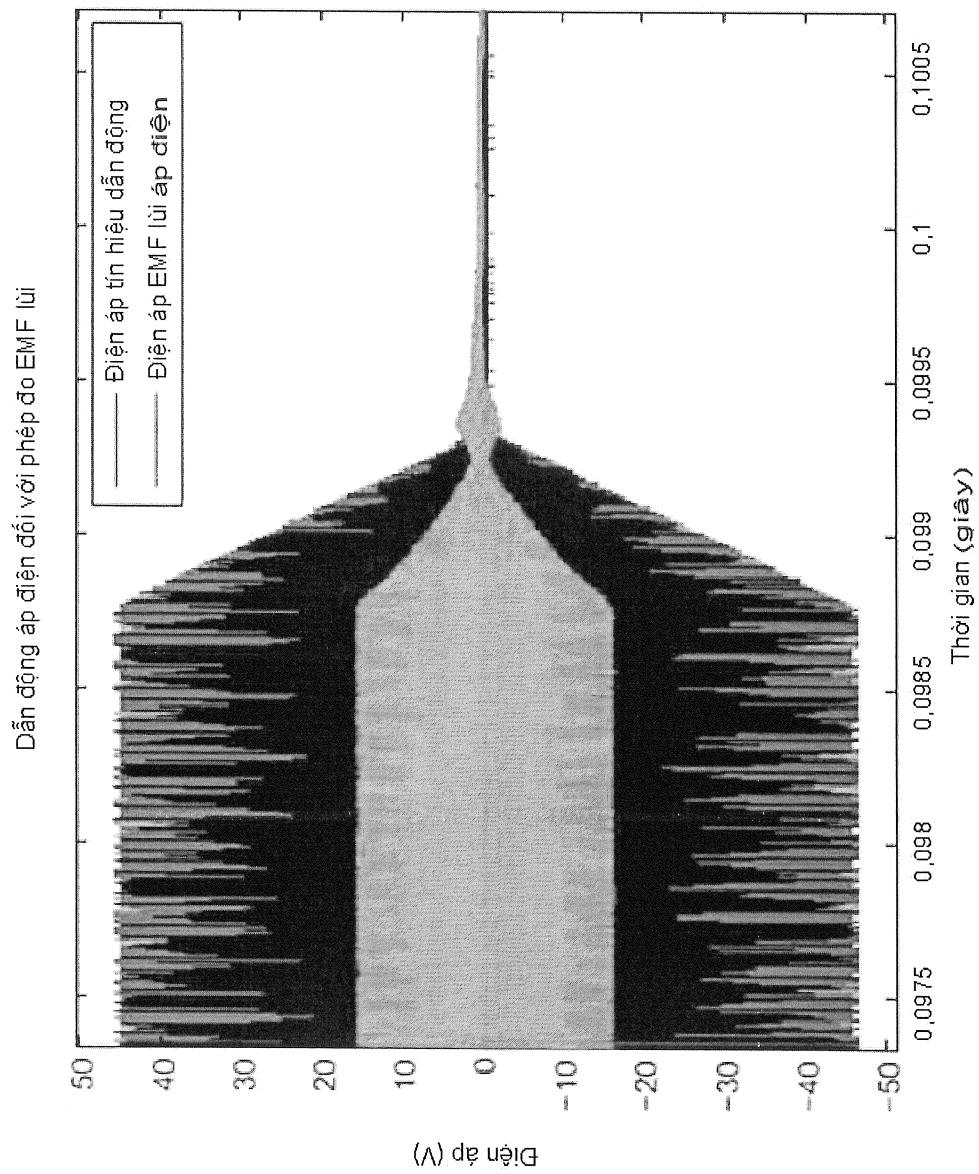
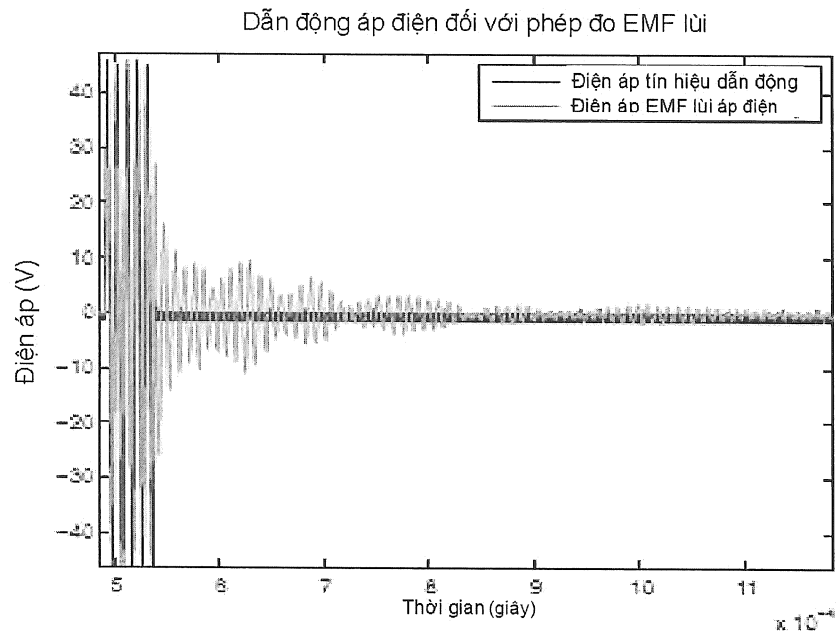
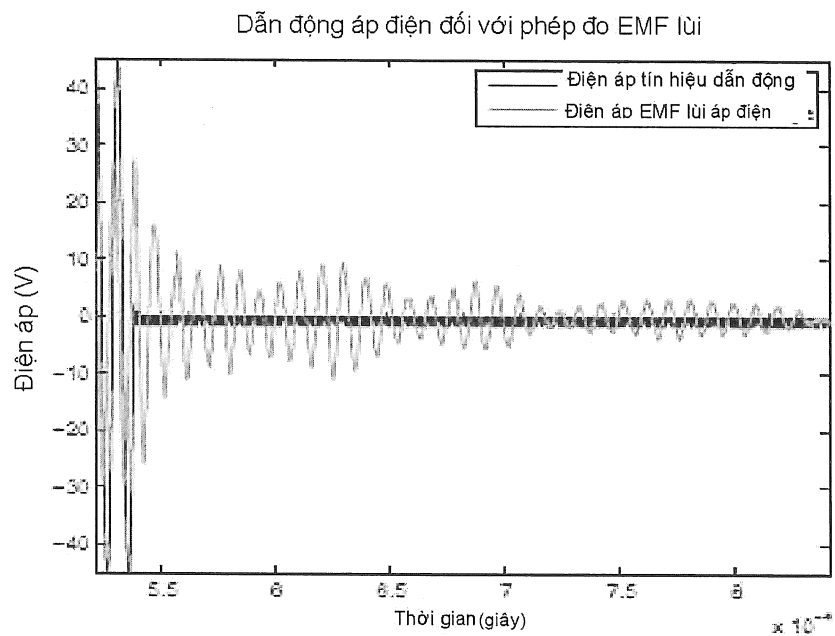
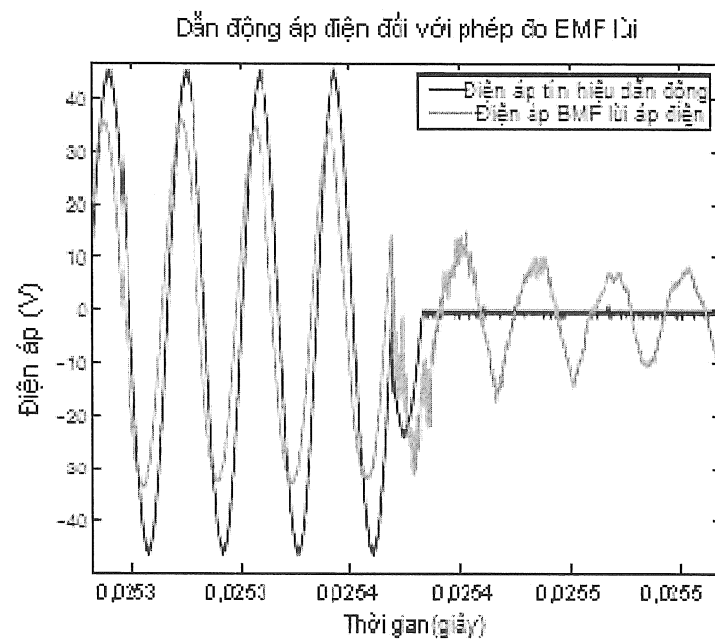
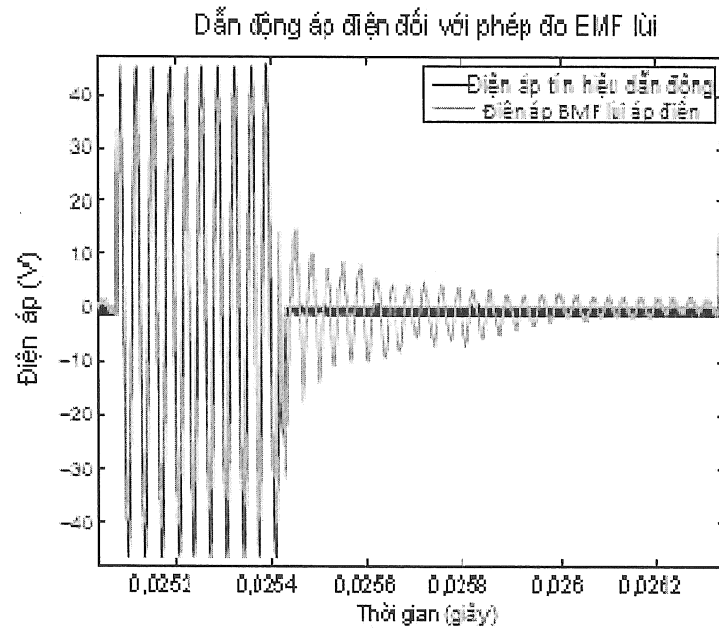
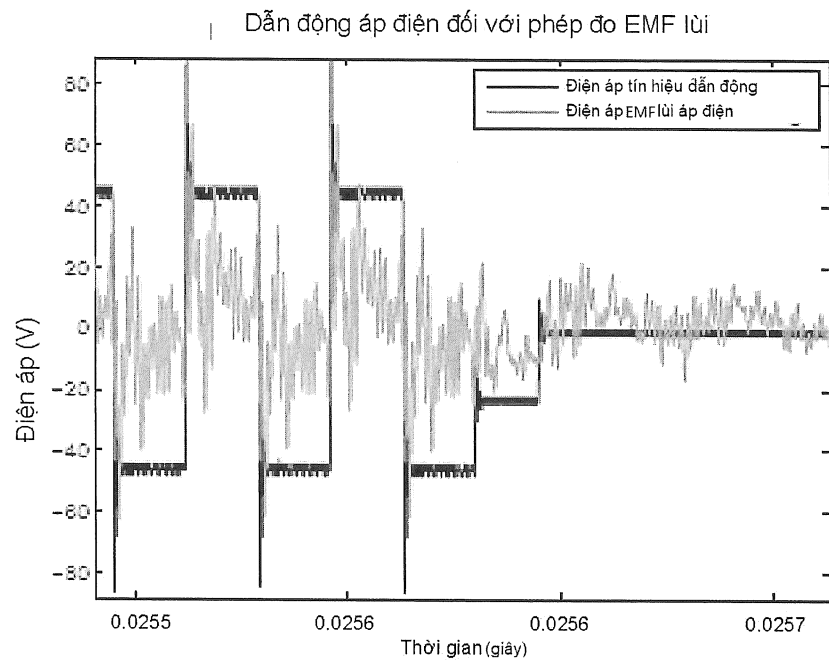
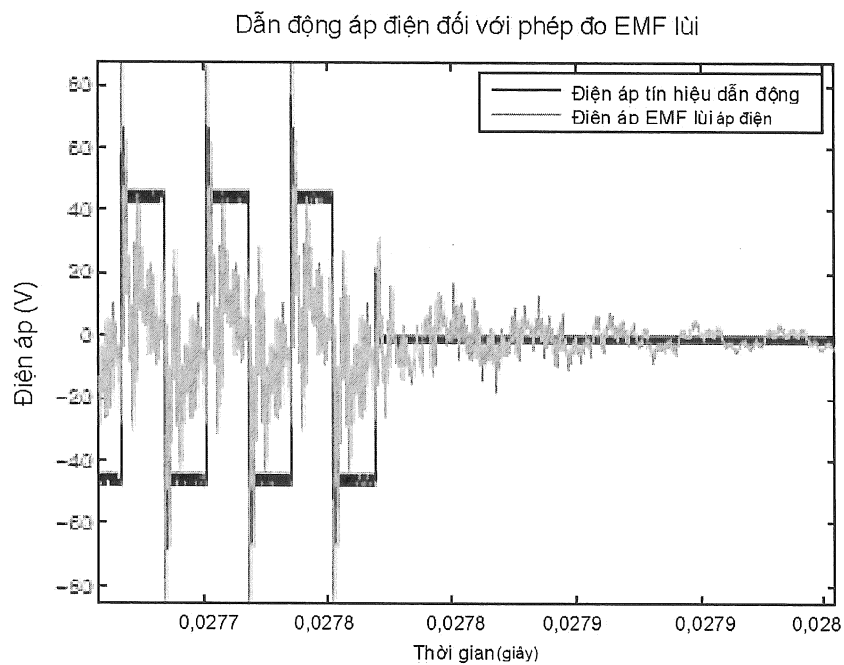


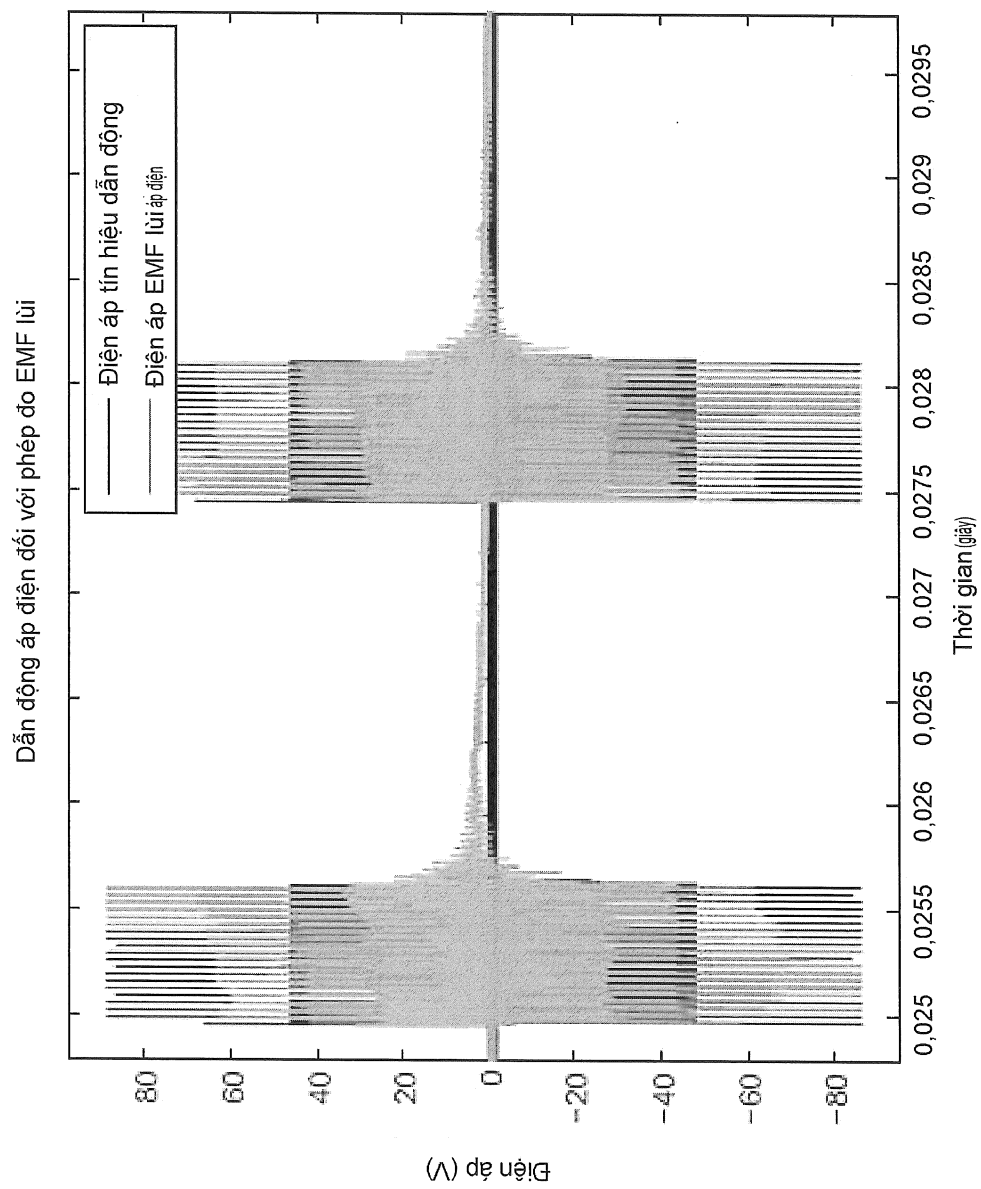
FIG. 36

**FIG. 37**

**FIG. 38A****FIG. 38B**



**FIG. 40****FIG. 41**

**FIG. 42**

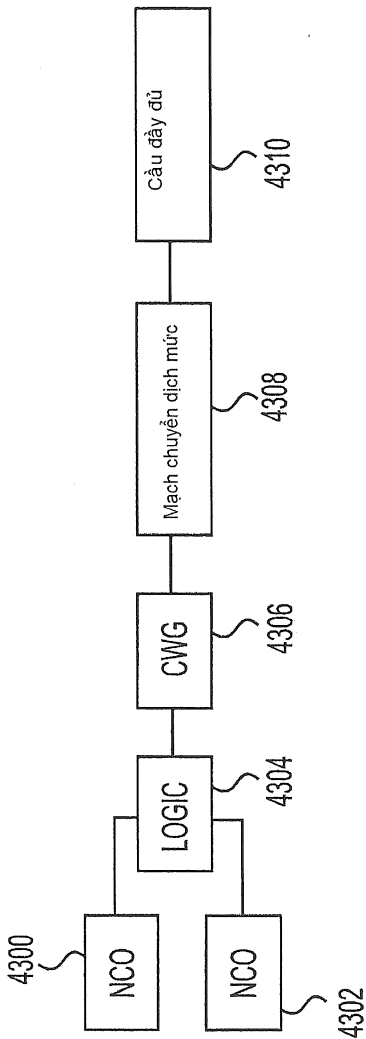


FIG. 43

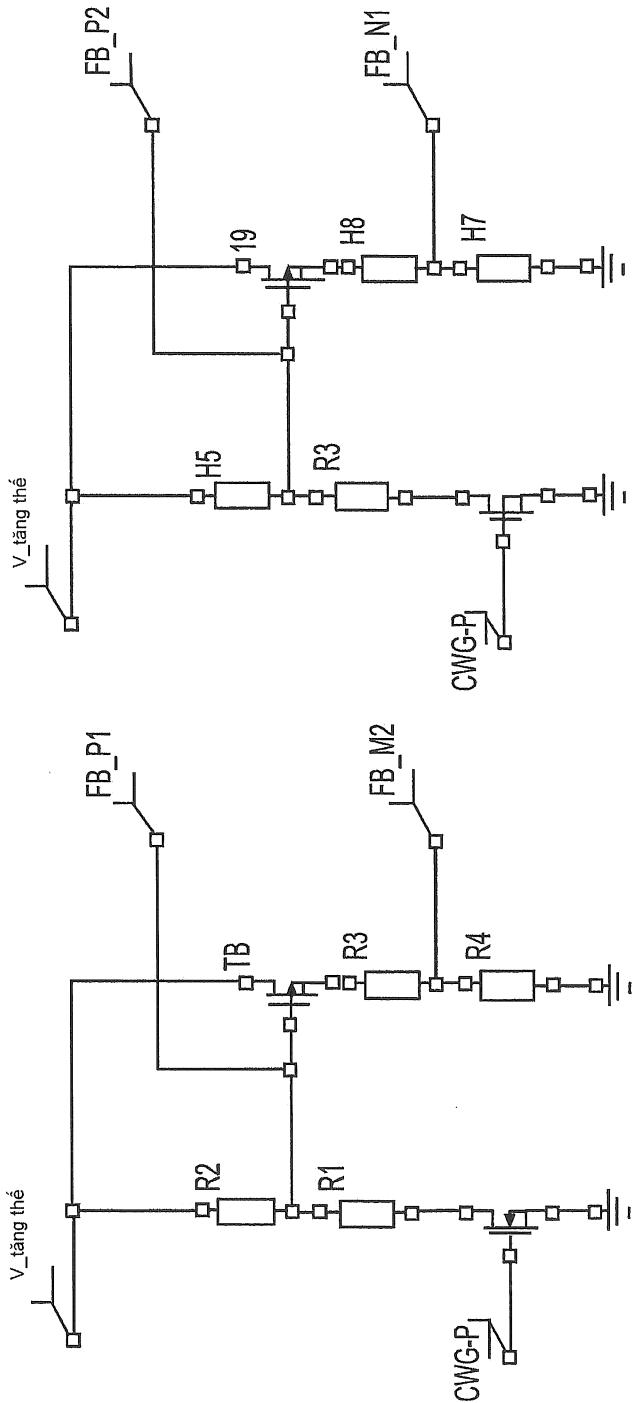
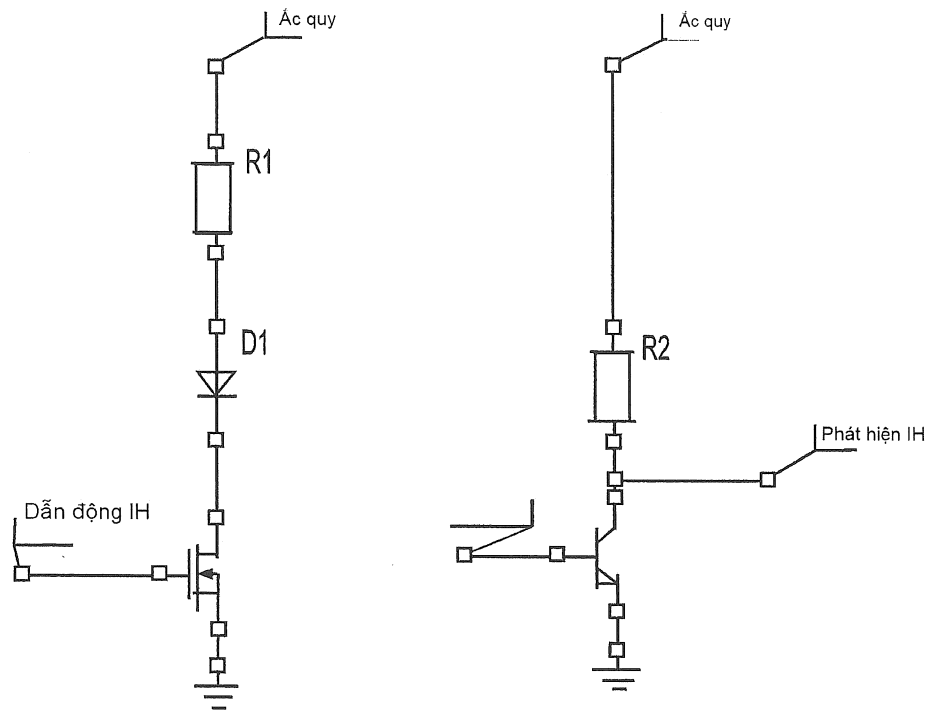
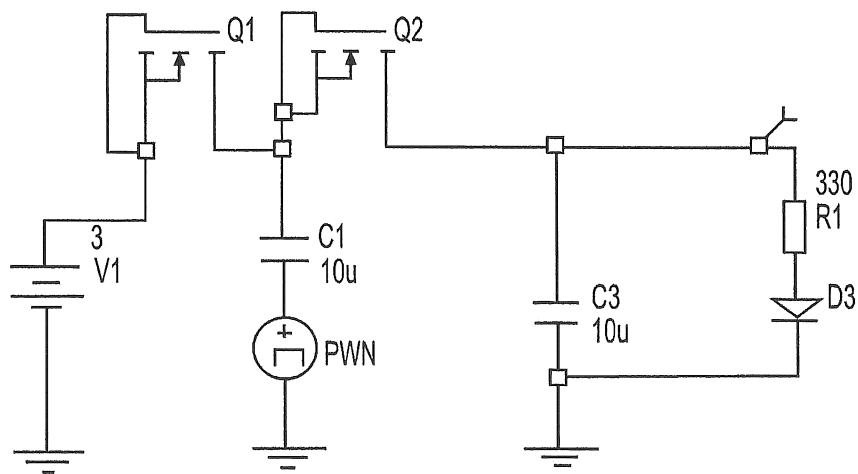


FIG. 44

**FIG. 45****FIG. 46**



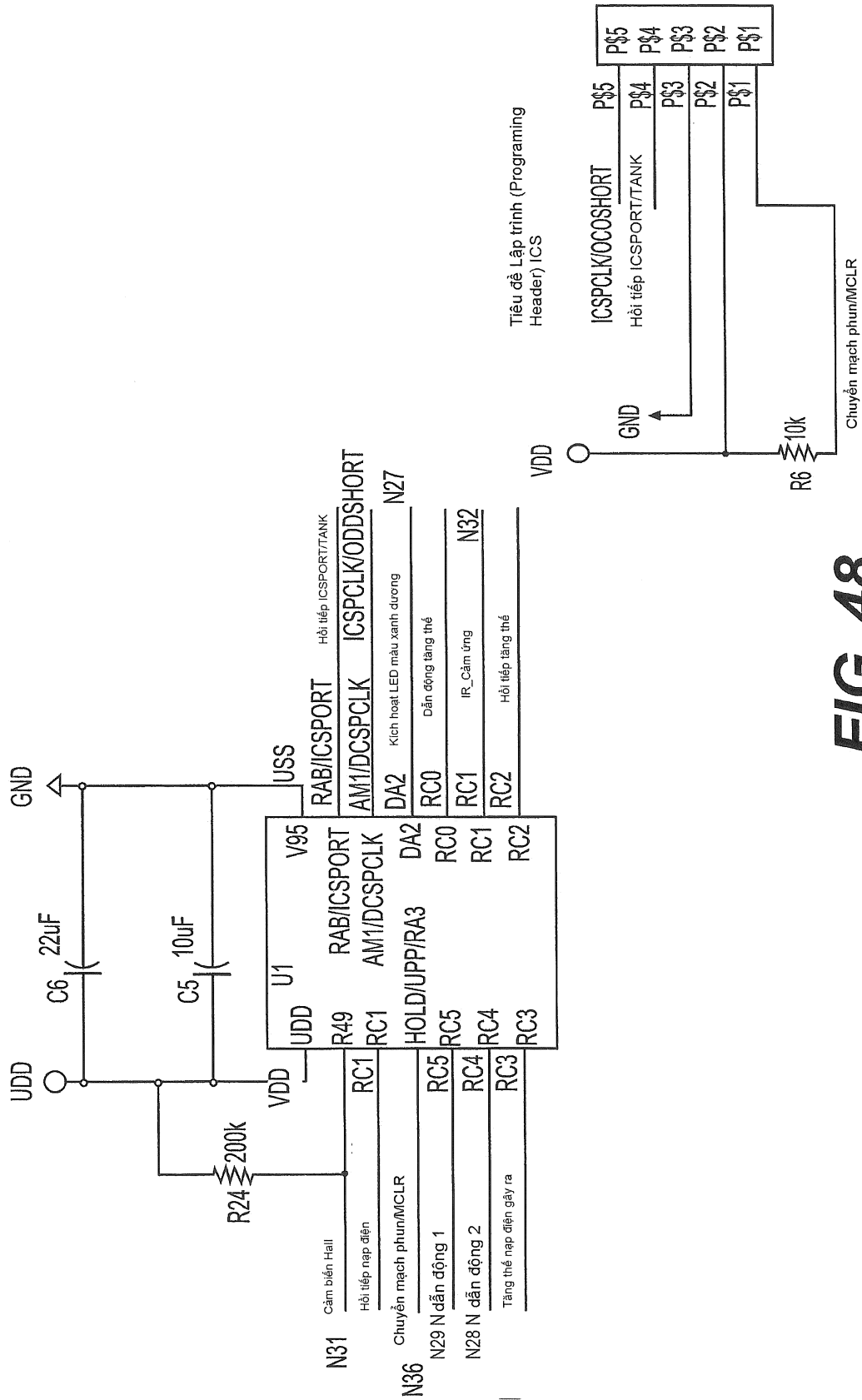


FIG. 48



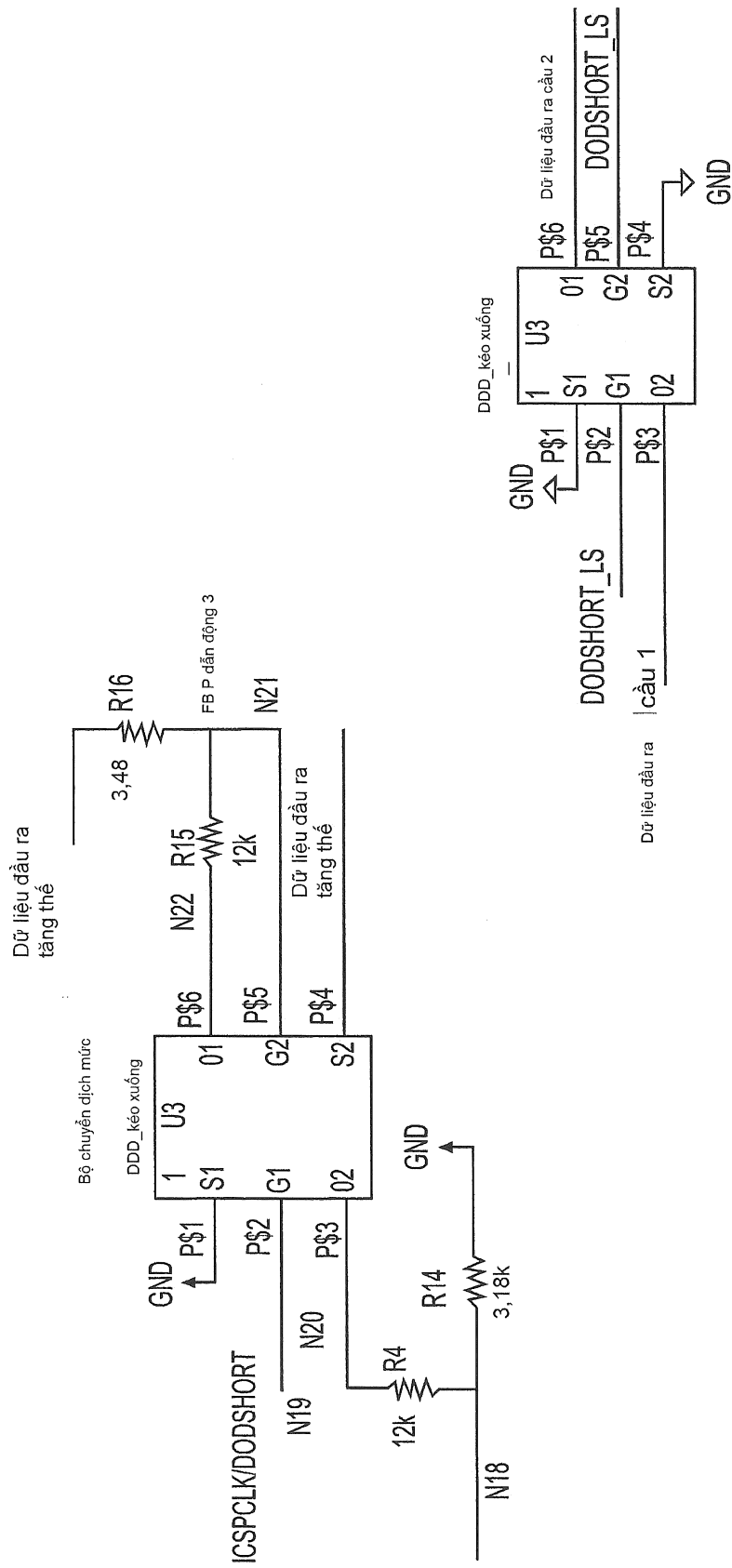


FIG. 50