

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập tới phương pháp điều khiển công suất sóng phản xạ và thiết bị cấp công suất RF (radio frequency-cao tần) để điều khiển công suất sóng phản xạ được phát từ phía tải tới phía máy phát RF khi công suất RF được cấp từ máy phát RF tới tải.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Đã biết, máy phát RF biến đổi dòng một chiều của bộ nguồn một chiều thành dòng xoay chiều RF thông qua hoạt động chuyển mạch. Với máy phát RF này, đã biết máy phát RF lớp D sử dụng mạch khuếch đại lớp D (lớp D: Tiêu chuẩn quốc tế IEC 60268-3, 4 lớp hoạt động).

Máy phát RF lớp D khiến thiết bị khuếch đại công suất RF thực hiện hoạt động chuyển mạch nhờ tín hiệu cực cổng RF, vốn có hệ số tải định trước, để biến đổi dòng một chiều của bộ nguồn một chiều thành dòng xoay chiều RF và cấp dòng xoay chiều RF dò được tới tải dưới dạng công suất sóng tới RF. Máy phát RF lớp D điều chỉnh đầu ra thông qua điều khiển xung. Điều khiển xung được thực hiện ở chế độ điều khiển chế độ trong đó trạng thái mở và trạng thái đóng được thay đổi luân phiên bởi tín hiệu cực cổng RF. Ở trạng thái mở, hoạt động chuyển mạch được thực hiện bằng thiết bị khuếch đại công suất RF và công suất RF được xuất ra; ở trạng thái đóng, hoạt động chuyển mạch không được thực hiện và công suất RF không được xuất ra. Nguồn xuất ra RF được điều chỉnh nhờ thay đổi hệ số tải vốn là tỷ lệ thời gian giữa trạng thái mở

và trạng thái đóng. Hệ số tải giữa trạng thái mở và trạng thái đóng có thể được điều khiển bằng hệ số tải giữa trạng thái mở và trạng thái đóng của tín hiệu điều khiển xung. Trong bản mô tả này, RF có nghĩa là tần số cao tần.

Khi công suất RF được cấp từ máy phát công suất RF tới tải, ví dụ, tới tải như thiết bị xử lý plasma, tổng trở tải thay đổi theo trạng thái phóng điện của plasma. Khi tổng trở tải thay đổi, công suất sóng phản xạ phản hồi từ phía tải tới máy phát RF sẽ thay đổi.

Trong một số trường hợp, công suất sóng phản xạ tác động tới máy phát RF lớp D. Ví dụ, thiết bị khuếch đại công suất RF, vốn là một trong số các bộ phận của máy phát RF lớp D, có thể bị hư hỏng nhiệt do nhiệt sinh ra bởi tổn hao bên trong gây ra bởi công suất sóng phản xạ hoặc có thể bị hư hỏng cách điện do điện áp tăng vọt của công suất sóng phản xạ. Nguồn sóng phản xạ lớn hơn nữa đôi khi phá hủy bộ nguồn một chiều vốn là một trong số các bộ phận của máy phát RF lớp D.

Cụ thể là, khi máy phát RF lớp D cấp công suất RF tới tải plasma thông qua điều khiển xung, tất cả công suất sóng tới sẽ phản hồi tới phía máy phát như một công suất sóng phản xạ ở trạng thái không sinh nhiệt trong đó plasma cũng không sinh nhiệt. Do đó, máy phát RF lớp D cần phải chịu được công suất sóng phản xạ tổng cộng. Trong phần mô tả dưới đây, công suất sóng phản xạ sinh ra khi tất cả công suất sóng tới phản hồi tới phía máy phát được gọi là công suất sóng phản xạ tổng cộng, và khả năng chịu được công suất sóng phản xạ tổng cộng trong quá trình cấp công suất RF được gọi là sai lệch công suất sóng phản xạ tổng cộng.

Sai lệch công suất sóng phản xạ tổng cộng không những bao gồm khả năng ngăn không cho thiết bị khuếch đại công suất RF bị hư hỏng bởi công suất sóng phản xạ tổng cộng mà còn liên tục điều khiển đốt plasma bởi bộ nguồn liên tục mà

không gián đoạn từ thời gian mà chế độ đốt được bắt đầu tới thời gian mà việc cấp công suất RF được dừng lại cho tới lúc xác định được rằng việc đốt đã bị lỗi.

Thông thường, để dò được sai lệch công suất sóng phản xạ tổng cộng này, người nộp đơn đã đề xuất bộ nguồn phát plasma (xem Tư liệu Sáng chế 1). Tư liệu Sáng chế 1 mô tả công nghệ sử dụng tổng trở tải, được thấy ở thiết bị khuếch đại công suất RF, ở trạng thái trễ để khử các sóng mang tích lũy trên thân đi-ốt của thiết bị khuếch đại công suất RF và nhờ đó giảm tổn hao mạch do chuyển mạch. Để dò được sai lệch công suất sóng phản xạ tổng cộng, còn cần giới hạn thời gian đốt, cần thiết cho chế độ đốt tại thời gian đốt plasma trước và, bằng cách làm như vậy, giới hạn công suất sóng phản xạ trong thời gian đốt này ở mức công suất bằng với mức công suất của công suất danh định của công suất sóng tới.

Không chỉ máy phát RF lớp D, máy phát RF lớp C cũng được biết như máy phát RF thường được sử dụng. Để sử dụng thiết bị máy phát RF thường được sử dụng như máy phát RF lớp C, đã biết kỹ thuật làm giảm công suất sóng tới ở phía cấp để giảm việc cấp của công suất sóng phản xạ tới mức bằng hoặc thấp hơn công suất danh định đầu ra khi công suất sóng phản xạ được sinh ra. Theo cách này, sẽ ngăn không cho thiết bị ở phía máy phát RF bị hư hỏng (từ Tư liệu Sáng chế 2 tới Tư liệu Sáng chế 7).

Các Tư liệu Sáng chế 2 và 3 bộc lộ các kỹ thuật dừng cấp điện, và các Tư liệu Sáng chế từ 4 tới 7 bộc lộ các kỹ thuật làm giảm công suất sóng tới.

Tư liệu Sáng chế 2 mô tả phương pháp ngắt để điều khiển giá trị công suất sóng tới của bộ nguồn plasma RF sao cho giá trị công suất sóng phản xạ trở nên bằng hoặc thấp hơn từ 10% tới 20% công suất danh định đầu ra. Tư liệu Sáng chế 3 mô tả hệ thống bộ nguồn vi sóng sử dụng tín hiệu, xuất ra từ

bộ dò công suất sóng phản xạ, để tích hợp tạm thời các sai lệch giữa độ lớn của tín hiệu, tương ứng với công suất sóng phản xạ, và giá trị tham chiếu có tải/dỡ tải và, nếu độ lớn của tín hiệu tích hợp có độ lớn tương ứng với giá trị tích hợp vượt quá giá trị tham chiếu cho phép, thì ngắt việc cấp điện.

Tư liệu Sáng chế 4 mô tả kỹ thuật làm giảm công suất xuất ra nhờ sử dụng bộ trộn khi công suất sóng phản xạ vượt quá giá trị giới hạn. Tư liệu Sáng chế 5 mô tả kỹ thuật tạo ra tín hiệu điều khiển công suất nhờ sử dụng tín hiệu giảm công suất, xuất ra từ tín hiệu dò công suất sóng phản xạ, và công suất sóng tới. Tư liệu Sáng chế 6 mô tả kỹ thuật tính toán sự chênh lệch giữa công suất sóng phản xạ, vốn được dò và phản hồi, và công suất sóng phản xạ được thiết lập và, dựa trên sai lệch đã tính toán, sẽ làm giảm công suất sóng tới. Tư liệu Sáng chế 7 mô tả kỹ thuật tính toán hệ số sóng phản xạ dựa trên công suất sóng phản xạ, hiệu chỉnh độ lớn của độ khuếch đại của bộ suy giảm theo hệ số sóng phản xạ được tính toán, và cấp công suất yêu cầu tới tải.

Tư liệu Sáng chế 8 mô tả kỹ thuật phân biệt đầu ra của bộ cảm biến, vốn đo công suất sóng phản xạ, và xác định sự phát sinh giảm tải bất thường dựa trên mức biến đổi theo thời gian ở sóng phản xạ của công suất RF xuất ra bởi sai lệch.

Tư liệu Sáng chế 1: Bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản số 3641785 (đoạn 0046, đoạn 0047)

Tư liệu Sáng chế 2: Công bố bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản số 7-32078 (đoạn 0003, đoạn 0005)

Tư liệu Sáng chế 3: Công bố đơn yêu cầu bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản số 2004-71269 (đoạn 0017, đoạn 0018)

Tư liệu Sáng chế 4: Công bố đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản số 10-257774 (đoạn 0028, đoạn 31)

Tư liệu Sáng chế 5: Bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản số 3998986 (đoạn 0028)

Tư liệu Sáng chế 6: Công bố đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản số 2004-8893 (đoạn 0019)

Tư liệu Sáng chế 7: Công bố đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản số 2005-136933 (đoạn 0013)

Tư liệu Sáng chế 8: Bằng độc quyền sáng chế số 3893276 (đoạn 0008, đoạn 0025)

Khi máy phát RF lớp D cấp công suất RF tới tải plasma thông qua sự điều khiển xung, ở trạng thái không đốt trước khi plasma được đốt, cần cấp công suất giới hạn tải cao tới tải chống lại công suất sóng phản xạ tổng cộng, được sinh ra khi tất cả công suất sóng tới phản hồi tới phía máy phát như công suất sóng phản xạ và, nhờ đó, làm tăng khả năng đốt plasma trong điều khiển xung, mà không làm hư hại cho thiết bị khuếch đại công suất RF gây ra bởi công suất sóng phản xạ tổng cộng tại thời điểm điều khiển xung.

Theo công nghệ được mô tả trong Tư liệu Sáng chế 1, tổng trở tải được sử dụng ở trạng thái trễ để giảm tổn hao chuyển mạch mạch điện. Tuy nhiên, khi thời gian đốt plasma được giới hạn để dò được sai lệch công suất sóng phản xạ tổng cộng, plasma có thể vẫn chưa đốt nếu thời gian này kéo dài cho tới khi plasma được đốt.

Theo kỹ thuật được mô tả trong các Tư liệu Sáng chế 2 và 3, việc cấp điện được dừng lại. Kỹ thuật được mô tả trong Tư liệu Sáng chế 2 điều khiển công suất sóng tới sao cho trị số công suất sóng phản xạ trở nên bằng hoặc thấp hơn 10% - 20% công suất danh định. Kỹ thuật được mô tả trong Tư liệu Sáng chế 3 điều khiển tắt công suất dựa trên đầu ra của mạch có tải/không tải. Các kỹ thuật này không thể duy trì cấp công suất RF trong khi cho phép công suất sóng phản xạ tổng cộng, nghĩa là không thể dò được sai lệch công suất sóng phản xạ tổng cộng.

Ngay cả khi máy phát RF và tải plasma thực sự phù

hợp khi dòng một chiều của bộ nguồn một chiều được biến đổi thành dòng xoay chiều RF nhờ sự điều khiển chuyển mạch trong máy phát RF và công suất sóng tới của công suất RF được cấp tới tải plasma, tổng trở tải của tải plasma thay đổi đáng kể tại thời điểm tăng plasma. Sự thay đổi này trong tổng trở tải sinh ra công suất sóng phản xạ phản hồi từ phía tải plasma tới phía máy phát. Nguồn sóng phản xạ sinh ra tại thời điểm tăng plasma sẽ thay đổi đáng kể trong thời gian ngắn.

Theo sự điều khiển công suất được mô tả trong Tư liệu Sáng chế từ 4 tới Tư liệu Sáng chế 7, công suất được điều khiển dựa trên trị số tức thời của công suất sóng phản xạ. Do đó, khi công suất sóng phản xạ tăng nhanh tại thời điểm tăng plasma và giá trị lớn nhất của nó vượt quá giá trị thiết lập, sự giảm công suất được bắt đầu nhờ điều khiển công suất. Khi bộ nguồn tới tải plasma được giới hạn bởi sự điều khiển công suất, bộ nguồn được giới hạn trước khi plasma được đốt với kết quả là plasma không được đốt thành công. Ngay cả nếu plasma được đốt thành công, vấn đề là ở chỗ bộ nguồn giảm sẽ khiến cho khó duy trì plasma, nghĩa là khó sinh ra plasma chuẩn.

Nghĩa là, sự điều khiển công suất đã biết sẽ làm giảm công suất dựa trên trị số tức thời của công suất sóng phản xạ. Điều này có thể dẫn đến việc xác định là không chính xác ở chỗ đỉnh của công suất sóng phản xạ tại thời điểm tăng plasma bị lỗi như sự gia tăng công suất sóng phản xạ gây ra do thay đổi trạng thái plasma tồn tại trong thời gian dài. Nếu công suất được tắt hoặc giảm dựa trên việc xác định không chính xác này, việc đốt hoặc duy trì plasma sẽ trở nên khó khăn.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Do đó, mục đích theo sáng chế là đề xuất máy phát RF cấp công suất RF tới tải plasma thông qua sự điều khiển xung, ở trạng thái không đốt trước khi plasma được đốt, để giải quyết

các vấn đề đã biết nêu trên đây nhờ sai lệch công suất sóng phản xạ tổng cộng vốn có khả năng cho phép công suất sóng phản xạ tổng cộng sinh ra khi tất cả công suất sóng tới phản hồi về phía máy phát như công suất sóng phản xạ. Cụ thể hơn, khi máy phát RF lớp D cấp công suất RF tới tải plasma thông qua sự điều khiển xung, mục đích theo sáng chế là dò được sai lệch công suất sóng phản xạ tổng cộng vốn có khả năng cho phép công suất sóng phản xạ tổng cộng sinh ra khi tất cả công suất sóng tới phản hồi tới phía máy phát như công suất sóng phản xạ ở trạng thái không đốt trước khi plasma được đốt, để ngăn không cho thiết bị khuyếch đại công suất RF bị hư hỏng bởi tất cả công suất sóng phản xạ trong quá trình điều khiển xung và, đồng thời, tiếp tục điều khiển đốt plasma bằng cách cấp công suất liên tục mà không ngắt việc cấp công suất RF để làm tăng hiệu suất đốt plasma trong thời gian điều khiển xung.

Trong bộ nguồn RF để cấp công suất RF tới tải plasma, sáng chế đề xuất sự điều khiển công suất sóng phản xạ trong đó công suất sóng phản xạ của máy phát RF được dò và, nhờ sử dụng công suất sóng phản xạ dò được, máy phát RF được điều khiển. Với công suất sóng phản xạ thay đổi trong thời gian ngắn, công suất sóng phản xạ được điều khiển dựa trên sự thay đổi lớn nhất của giá trị dò được của công suất sóng phản xạ. Với công suất sóng phản xạ thay đổi trong thời gian dài, công suất sóng phản xạ được điều khiển dựa trên sự thay đổi giá trị san phẳng thu được bởi các giá trị san phẳng thu được của công suất sóng phản xạ.

Theo sáng chế, hệ thống vòng điều khiển công suất sóng phản xạ bao gồm hệ thống vòng làm giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ và hệ thống chặn hồ quang thực hiện sự điều khiển dựa trên sự thay đổi lớn nhất của công suất sóng phản xạ và hệ thống vòng làm giảm độ lớn công suất sóng phản xạ thực hiện sự điều khiển dựa trên giá trị năng lượng

được san phẳng của công suất sóng phản xạ.

Hệ thống vòng làm giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ theo sáng chế điều khiển điện áp một chiều của bộ nguồn một chiều của cụm máy phát RF dựa trên giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ và, thông qua sự điều khiển điện áp của bộ nguồn một chiều, thực hiện sự điều khiển giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ. Hệ thống vòng làm giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ là hệ thống điều khiển sẽ giảm (hạ) giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ khi giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ vượt quá giá trị thiết lập (giá trị giới hạn lớn nhất của công suất sóng phản xạ). Hệ thống này giảm (hạ) độ lớn của giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ để ngăn không cho thiết bị khuếch đại công suất RF bị hư hỏng do quá tải hoặc điện áp xung.

Hệ thống vòng làm giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ được cấu hình để điều khiển điện áp một chiều của bộ nguồn một chiều của cụm máy phát RF. Hệ thống này phản hồi giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ tới bộ nguồn một chiều để làm giảm điện áp một chiều, nhờ đó giảm một cách nhanh chóng giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ.

Hệ thống chặn hồ quang theo sáng chế điều khiển xem liệu có hay không xuất ra từ bộ khuếch đại RF của cụm máy phát RF dựa trên giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ và nhờ đó điều khiển liệu có hay không bộ nguồn tới tải plasma để điều khiển việc chặn hồ quang ở tải plasma. Hệ thống chặn hồ quang là hệ thống điều khiển sẽ dừng bộ nguồn khi giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ vượt quá giá trị thiết lập (giá trị giới hạn hồ quang). Khi việc đốt bị lỗi và công suất sóng phản xạ cao được sinh ra vượt quá mức chặn hồ quang mà tại đó hồ quang ở tải plasma được chặn, hệ thống chặn hồ quang

dừng bộ nguồn để dập tắt hồ quang trong tải plasma. Cũng có thể cấu hình hệ thống theo cách sao cho, khi hồ quang được chặn, chức năng đốt lại, vốn thực hiện sự điều khiển đốt lại sau thời gian định trước, được kích hoạt để đốt lại plasma.

Hệ thống vòng làm giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ và hệ thống chặn hồ quang theo sáng chế thực hiện sự điều khiển để giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ hoặc thực hiện sự điều khiển để dừng bộ nguồn khi giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ vượt quá giá trị thiết lập được chọn trong mỗi hệ thống điều khiển.

Ít nhất một trong số các hệ thống vòng làm giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ và hệ thống chặn hồ quang theo sáng chế có thể bao gồm cụm loại bỏ sự biến thiên đột ngột sẽ loại bỏ sự biến thiên đột ngột ra khỏi giá trị dò được của công suất sóng phản xạ. Cụm loại bỏ sự biến thiên đột ngột loại bỏ giá trị biến thiên đột ngột, sinh ra bởi biến thiên đột ngột, ra khỏi giá trị dò được của công suất sóng phản xạ, và phản hồi tín hiệu tương ứng với giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ không được sinh ra bởi sự biến thiên đột ngột và tồn tại lâu hơn sự biến thiên đột ngột. Việc sử dụng giá trị lớn nhất, mà giá trị biến thiên đột ngột được loại bỏ ra khỏi đó, ngăn ngừa sự xác định không chính xác có thể sinh ra bởi điều khiển phản hồi dựa trên giá trị lớn nhất gây ra bởi biến thiên đột ngột sinh ra tại thời điểm tăng plasma. Cụm loại bỏ sự biến thiên đột ngột có thể được tạo cấu hình bởi mạch trễ cấp một như bộ lọc thông thấp.

Hệ thống vòng làm giảm độ lớn công suất sóng phản xạ theo sáng chế điều khiển độ khuếch đại của bộ khuếch đại RF của cụm máy phát RF, dựa trên độ lớn công suất san phẳng của công suất sóng phản xạ, để điều khiển độ lớn của công suất được cấp tới tải plasma để xem liệu có điều khiển giảm độ lớn công suất san phẳng của công suất sóng phản xạ hay không. Hệ

thống vòng làm giảm độ lớn công suất sóng phản xạ là hệ thống điều khiển sẽ giảm (hạ) giá trị độ lớn công suất của công suất sóng phản xạ khi giá trị san phẳng, như giá trị trung bình hoặc giá trị hiệu dụng của độ lớn công suất của công suất sóng phản xạ, vượt quá giá trị thiết lập (giá trị giới hạn san phẳng công suất sóng phản xạ). Hệ thống này giảm (hạ) giá trị độ lớn công suất của công suất sóng phản xạ với biên độ của điện áp ra được duy trì, nhờ đó ngăn ngừa hư hại nhiệt cho thiết bị khuếch đại công suất RF.

Các hệ thống điều khiển theo sáng chế, bao gồm hệ thống vòng làm giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ, hệ thống chặn hồ quang, và hệ thống vòng làm giảm độ lớn công suất sóng phản xạ, có thể được điều khiển một cách độc lập với nhau. Các giá trị thiết lập được sử dụng cho các hệ thống điều khiển là giá trị giới hạn lớn nhất công suất sóng phản xạ, giá trị giới hạn hồ quang, và giá trị giới hạn san phẳng công suất sóng phản xạ. Giá trị lớn nhất là giá trị giới hạn hồ quang, giá trị lớn nhất kế tiếp là giá trị giới hạn lớn nhất công suất sóng phản xạ, và giá trị nhỏ nhất là giá trị giới hạn san phẳng công suất sóng phản xạ.

Giá trị giới hạn lớn nhất công suất sóng phản xạ là chỉ số ảnh hưởng đến thiết bị khuếch đại RF gây ra bởi sự tăng giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ chẳng hạn như quá tải hoặc điện áp xung. Khi giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ vượt quá giá trị thiết lập này, hệ thống vòng làm giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ sẽ giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ và thực hiện sự điều khiển sao cho giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ không bằng hoặc lớn hơn so với giá trị thiết lập. Sự điều khiển dựa trên giá trị giới hạn này bảo vệ thiết bị khuếch đại công suất RF không bị hư hỏng bởi quá tải hoặc điện áp xung khi công suất sóng phản xạ được sinh ra.

Giá trị giới hạn hồ quang, là giá trị ngưỡng để dò ra sự tăng công suất sóng phản xạ sinh ra do lỗi khi đốt tải plasma, được thiết lập như mức chặn hồ quang. Khi giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ vượt quá mức chặn hồ quang, hệ thống chặn hồ quang xác định rằng việc đốt đã bị lỗi và bắt đầu chế độ chặn hồ quang.

Giá trị giới hạn san phẳng công suất sóng phản xạ là giá trị thiết lập được sử dụng như chỉ số ảnh hưởng nhiệt đến thiết bị khuyếch đại công suất RF gây ra bởi sự tăng độ lớn công suất của công suất sóng phản xạ. Khi giá trị trung bình hoặc giá trị hiệu dụng của công suất sóng phản xạ vượt quá giá trị thiết lập này, hệ thống vòng làm giảm độ lớn công suất sóng phản xạ điều khiển hệ số tải của tín hiệu điều khiển xung để điều khiển giảm (hạ) độ lớn công suất của công suất sóng phản xạ để ngăn ngừa hư hại nhiệt cho thiết bị khuyếch đại công suất RF. Khi điều khiển giảm hệ số tải, hệ thống vòng làm giảm độ lớn công suất sóng phản xạ giảm hệ số của trạng thái mở theo tỷ lệ thời gian giữa trạng thái mở và trạng thái đóng của tín hiệu điều khiển xung để giảm công suất sóng phản xạ.

Hệ thống điều khiển công suất sóng phản xạ theo sáng chế sử dụng hệ thống vòng làm giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ, hệ thống chặn hồ quang, và hệ thống vòng làm giảm độ lớn công suất sóng phản xạ mô tả trên đây để tạo sai lệch công suất sóng phản xạ tổng cộng, vốn có khả năng cho phép công suất sóng phản xạ tổng cộng sinh ra khi tất cả công suất sóng tới phản hồi tới phía máy phát như công suất sóng phản xạ, ở trạng thái không đốt trước khi plasma được đốt. Sai lệch công suất sóng phản xạ tổng cộng, tạo ra theo cách này, ngăn không cho thiết bị khuyếch đại công suất RF bị hư hỏng bởi công suất sóng phản xạ tổng cộng và, cho đến khi công suất sóng phản xạ sinh ra do lỗi đốt trở nên quá cao thì bộ nguồn phải dừng lại, tiếp tục bộ nguồn mà không dừng việc

cấp công suất RF cho sự điều khiển đốt plasma, nhờ đó tăng hiệu suất đốt plasma trong quá trình điều khiển xung.

Một khía cạnh theo sáng chế là thiết bị cấp công suất RF và khía cạnh khác là phương pháp điều khiển công suất sóng phản xạ.

Thiết bị cấp công suất RF theo sáng chế, là thiết bị cấp công suất RF sẽ cấp công suất RF tới tải plasma, bao gồm cụm máy phát RF biến đổi dòng một chiều của bộ nguồn một chiều thành dòng xoay chiều RF thông qua hoạt động chuyển mạch và xuất ra công suất RF; và nhiều hệ thống phản hồi sẽ phản hồi giá trị dò được của đầu ra RF của cụm máy phát RF để thực hiện sự điều khiển phản hồi. Hệ thống phản hồi bao gồm hệ thống vòng điều khiển công suất sóng tới sẽ phản hồi giá trị dò được của công suất sóng tới, vốn phát từ cụm máy phát RF tới tải plasma, để điều khiển công suất sóng tới; và mỗi một trong số các hệ thống vòng điều khiển công suất sóng phản xạ sẽ phản hồi giá trị dò được của công suất sóng phản xạ, vốn phát từ tải plasma tới cụm máy phát RF, để điều khiển công suất sóng phản xạ.

Hệ thống chặn hồ quang không tạo thành vòng điều khiển mà, sau khi thực hiện quá trình chặn để dừng công suất sóng tới, thực hiện sự điều khiển đốt plasma thông qua điều khiển đốt lại. Xem rằng sự điều khiển này tạo ra một kiểu vòng, hệ thống chặn hồ quang được bao gồm trong hệ thống vòng điều khiển công suất sóng phản xạ theo mô tả dưới đây.

Trong hệ thống phản hồi của hệ thống vòng điều khiển công suất sóng phản xạ, nếu giá trị lớn nhất sinh ra tại thời điểm tăng plasma được xác định không chính xác như tăng công suất sóng phản xạ gây ra bởi trạng thái bất thường của tải plasma, sự điều khiển phản hồi sẽ dẫn đến vận hành sai.

Để giảm sự vận hành sai này gây ra bởi giá trị lớn nhất, hệ thống vòng làm giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng

phản xạ và hệ thống chặn hồ quang theo sáng chế bao gồm cụm loại bỏ sự biến thiên đột ngột sẽ loại bỏ biến thiên đột ngột ra khỏi giá trị dò được của công suất sóng phản xạ dò thấy tại đầu ra của cụm máy phát RF.

Cụm loại bỏ sự biến thiên đột ngột, có thể được tạo cấu hình bởi mạch trễ cấp một, sẽ loại bỏ biến thiên đột ngột, bao gồm trong giá trị dò được, bằng cách gây ra trễ cấp một trong giá trị dò được của công suất sóng phản xạ. Bằng cách gây ra trễ cấp một trong giá trị dò được của công suất sóng phản xạ, mạch trễ cấp một có thể giảm biến thiên đột ngột bao gồm trong công suất sóng phản xạ sinh ra tại thời điểm tăng plasma, ngăn ngừa việc việc xác định không chính xác gây ra bởi sự biến thiên vốn không liên quan tới tải plasma và sinh ra tại thời điểm tăng plasma, và nhờ đó ngăn ngừa vận hành sai vốn làm giảm việc cấp công suất RF.

Cụm loại bỏ sự biến thiên đột ngột có thể được thiết lập không chỉ dưới dạng mạch trễ cấp một mà còn là cụm dò thời điểm tại đó giá trị dò được của công suất sóng phản xạ biến thiên mạnh và loại bỏ giá trị dò được tại thời điểm này.

Hệ thống vòng làm giảm độ lớn công suất sóng phản xạ được bố trí trong hệ thống vòng điều khiển công suất sóng phản xạ theo sáng chế, được thiết lập để tính toán giá trị san phẳng của công suất sóng phản xạ, bao gồm cụm san phẳng công suất sẽ đưa ra giá trị trung bình hoặc giá trị hiệu dụng của các giá trị dò được của công suất sóng phản xạ. Như một tiêu chuẩn để xác định xem liệu độ lớn công suất của công suất RF có bị giảm hay không và như một giá trị giới hạn san phẳng công suất sóng phản xạ xác định độ lớn giảm được sử dụng khi điều khiển giảm, như một giá trị giới hạn trung bình của công suất sóng phản xạ hoặc giá trị giới hạn hiệu dụng của công suất sóng phản xạ được cung cấp. Hệ thống vòng làm giảm độ lớn công suất sóng phản xạ tính toán giá trị sai số giữa giá trị san

phẳng, thu được nhờ cụm san phẳng công suất, và giá trị giới hạn san phẳng công suất sóng phản xạ (giá trị giới hạn trung bình của công suất sóng phản xạ hoặc giá trị giới hạn hiệu dụng của công suất sóng phản xạ) và, dựa trên giá trị sai số tính toán, thực hiện sự điều khiển giảm độ lớn công suất sóng phản xạ.

Phần dưới đây mô tả hệ thống vòng làm giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ, hệ thống chặn hồ quang, và hệ thống vòng làm giảm độ lớn công suất sóng phản xạ.

Hệ thống vòng điều khiển công suất sóng phản xạ theo sáng chế bao gồm hệ thống vòng làm giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ sẽ giảm (hạ) giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ. Hệ thống vòng làm giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ có giá trị giới hạn lớn nhất công suất sóng phản xạ như một giá trị ngưỡng để xác định xem liệu giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ có bị giảm hay không.

Hệ thống vòng làm giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ theo sáng chế phản hồi sai lệch giữa giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ và giá trị giới hạn lớn nhất công suất sóng phản xạ đối với hệ thống vòng điều khiển công suất sóng tới như tín hiệu phản hồi. Dựa trên tín hiệu phản hồi được phản hồi từ hệ thống vòng làm giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ, hệ thống vòng điều khiển công suất sóng tới sẽ điều khiển độ rộng xung của tín hiệu điều biến độ rộng xung PWM, vốn kích sự biến đổi DC/DC được tạo trong cụm máy phát RF, để điều khiển điện áp ra.

Giá trị dò được của công suất sóng phản xạ có thể bao gồm giá trị lớn nhất sinh ra bởi sự biến thiên đột ngột tại thời điểm tăng plasma. Giá trị lớn nhất này không được gây ra bởi sự bất thường plasma. Do đó, nếu giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ được giảm dựa trên giá trị lớn nhất này khi plasma ở trạng thái bình thường, thì sự vận hành điều khiển sai

có thể được thực hiện với giả thiết là bất thường plasma đã xuất hiện.

Để tránh xác định không chính xác, cụm loại bỏ sự biến thiên đột ngột được trạng bị. Cụm loại bỏ sự biến thiên đột ngột xuất ra tín hiệu, tạo ra bằng cách loại bỏ sự biến thiên đột ngột bao gồm trong giá trị dò được của công suất sóng phản xạ, như giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ. Bằng cách phản hồi sự chênh lệch giữa giá trị lớn nhất, mà biến thiên đột ngột được loại bỏ từ đó, và giá trị giới hạn lớn nhất công suất sóng phản xạ tới hệ thống vòng điều khiển công suất sóng tới như tín hiệu phản hồi, sự vận hành sai do biến thiên đột ngột có thể được ngăn ngừa.

Hệ thống vòng điều khiển công suất sóng phản xạ theo sáng chế bao gồm hệ thống chặn hồ quang ngăn chặn sự hư hại gây ra bởi công suất sóng phản xạ quá lớn. Khi việc đốt bị lỗi và độ lớn vượt quá của công suất sóng phản xạ được sinh ra, hệ thống chặn hồ quang dừng cấp công suất tới tải plasma để chặn hồ quang trong tải plasma. Hệ thống chặn hồ quang có giá trị giới hạn hồ quang bằng giá trị ngưỡng để xác định xem liệu có dừng đầu ra của công suất RF hay không.

Dựa trên sự so sánh giữa giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ và giá trị giới hạn hồ quang, hệ thống chặn hồ quang theo sáng chế điều khiển tín hiệu điều khiển xung, vốn sinh ra tín hiệu cực cổng RF để kích hoạt bộ khuếch đại RF được bố trí trong cụm máy phát RF, để điều khiển xem liệu có xuất ra công suất RF từ bộ khuếch đại RF hay không. Bộ khuếch đại RF biến đổi điện áp một chiều thành điện xoay chiều RF, ví dụ, nhờ bộ biến đổi dạng hoàn toàn. Khi biến đổi từ dòng một chiều sang dòng xoay chiều, bộ khuếch đại RF thực hiện sự khuếch đại/biến đổi đồng bộ với tín hiệu cực cổng RF sẽ chuyển chuyển mạch của bộ chuyển đổi. Bằng cách điều khiển tín hiệu điều khiển xung sinh ra tín hiệu cực cổng RF

được đưa tới bộ khuếch đại RF, hệ thống chặn hồ quang có thể điều khiển đầu ra của công suất RF.

Cũng trong hệ thống chặn hồ quang, giá trị lớn nhất được bao gồm trong giá trị dò được của công suất sóng phản xạ và sinh ra bởi sự biến thiên đột ngột tại thời điểm tăng plasma đôi khi được xác định không chính xác như bất thường plasma. Để tránh xác định không chính xác, cụm loại bỏ sự biến thiên đột ngột có thể được trạng bị. Trên cơ sở so sánh giữa giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ, mà biến thiên đột ngột được loại bỏ ra khỏi đó bởi cụm loại bỏ sự biến thiên đột ngột, và giá trị giới hạn hồ quang, hệ thống chặn hồ quang thực hiện sự điều khiển chặn, nhờ đó tránh sự vận hành sai có thể gây ra bởi sự biến thiên đột ngột.

Hệ thống vòng làm giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ và hệ thống chặn hồ quang sử dụng cụm loại bỏ sự biến thiên đột ngột để loại bỏ sự biến thiên từ công suất sóng phản xạ. Điều này ngăn ngừa giá trị lớn nhất, sinh ra khi plasma xuất hiện, không bị xác định không chính xác như một bất thường plasma.

Hệ thống vòng điều khiển công suất sóng phản xạ theo sáng chế bao gồm hệ thống vòng làm giảm độ lớn công suất sóng phản xạ sẽ giảm (hạ) độ lớn công suất của công suất sóng phản xạ.

Hệ thống vòng làm giảm độ lớn công suất sóng phản xạ theo sáng chế xác định hệ số tải của tín hiệu điều khiển xung, sẽ xác định tỷ lệ thời gian giữa trạng thái mở và trạng thái đóng của tín hiệu cực cổng RF của bộ khuếch đại RF tạo ra trong cụm máy phát RF, dựa trên sự so sánh giữa độ lớn công suất san phẳng dò được nhờ cụm san phẳng công suất và giá trị giới hạn san phẳng công suất sóng phản xạ, nhờ đó điều khiển việc giảm (việc hạ) độ lớn công suất của công suất RF của bộ khuếch đại RF. Cụm san phẳng công suất có thể là mạch giá trị

trung bình sẽ tính toán giá trị trung bình của công suất hoặc mạch giá trị hiệu dụng sẽ tính toán giá trị hiệu dụng của công suất. Hệ thống vòng làm giảm độ lớn công suất sóng phản xạ điều khiển việc giảm (hạ) độ lớn công suất của công suất RF của bộ khuếch đại RF dựa trên sự so sánh giữa giá trị trung bình của công suất và giá trị giới hạn trung bình của công suất sóng phản xạ hoặc dựa trên sự so sánh giữa giá trị hiệu dụng của công suất và giá trị giới hạn hiệu dụng của công suất sóng phản xạ.

Sự điều khiển giảm giá trị trung bình hoặc sự điều khiển giảm giá trị hiệu dụng thực hiện bởi hệ thống vòng làm giảm độ lớn công suất sóng phản xạ giảm hệ số tải của tín hiệu điều khiển xung vốn xác định tỷ lệ thời gian giữa trạng thái mở và trạng thái đóng của tín hiệu cực công RF. Bằng cách làm như vậy, hệ thống vòng làm giảm độ lớn công suất sóng phản xạ giảm độ lớn của công suất sóng phản xạ mà không giảm biên độ điện áp RF của bộ khuếch đại RF và nhờ đó giảm tổn thất nhiệt trong thiết bị khuếch đại công suất RF để ngăn ngừa sự hư hỏng. Do biên độ điện áp RF của bộ khuếch đại RF không được giảm, nên điện áp đốt cao có thể được duy trì.

Fig.1 là hình vẽ thể hiện cấu hình tổng quát của thiết bị cấp công suất RF theo sáng chế. Trên Fig.1, thiết bị cấp công suất RF 1 bao gồm cụm máy phát RF 10 biến đổi điện áp một chiều của bộ nguồn một chiều qua bộ biến đổi DC/DC 12, biến đổi/khuếch đại dòng một chiều thành dòng xoay chiều nhờ bộ khuếch đại RF 13, và cấp công suất RF đã biến đổi và khuếch đại tới tải 103 như tải plasma.

Cụm máy phát RF 10 bao gồm hệ thống vòng điều khiển công suất sóng tới 20 thực hiện sự điều khiển phản hồi dựa trên giá trị phản hồi công suất sóng tới PF dò được bởi bộ cảm biến RF 16 tại đầu ra và hệ thống vòng điều khiển công suất sóng phản xạ 100 (30, 40, 50) thực hiện sự điều khiển

phản hồi dựa trên giá trị phản hồi công suất sóng phản xạ PR dò được bởi bộ cảm biến RF 16 tại đầu ra. Hệ thống vòng điều khiển công suất sóng phản xạ 100 bao gồm hệ thống vòng làm giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ 30, hệ thống chặn hồ quang 40, và hệ thống vòng làm giảm độ lớn công suất sóng phản xạ 50.

Hệ thống vòng làm giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ 30 thực hiện sự điều khiển giảm (hạ) giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ, hệ thống chặn hồ quang 40 thực hiện sự điều khiển chặn hồ quang trong tải plasma, và hệ thống vòng làm giảm độ lớn công suất sóng phản xạ 50 thực hiện sự điều khiển giảm (hạ) độ lớn công suất của công suất sóng phản xạ.

Hệ thống vòng làm giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ 30 và hệ thống chặn hồ quang 40 của hệ thống vòng điều khiển công suất sóng phản xạ 100 thực hiện sự điều khiển dựa trên tín hiệu giá trị lớn nhất dò được bằng cách loại bỏ sự biến thiên đột ngột ra khỏi giá trị phản hồi công suất sóng phản xạ dò được PR qua cụm loại bỏ sự biến thiên đột ngột 31. Hệ thống vòng làm giảm độ lớn công suất sóng phản xạ 50 của hệ thống vòng điều khiển công suất sóng phản xạ 100 thực hiện sự điều khiển dựa trên độ lớn công suất san phẳng được tính toán bằng cách san phẳng giá trị phản hồi công suất sóng phản xạ dò được PR bởi cụm san phẳng công suất 51.

Cụm loại bỏ sự biến thiên đột ngột 31 loại bỏ sự biến thiên đột ngột, đó là giá trị lớn nhất sinh ra khi plasma xuất hiện, ra khỏi giá trị phản hồi công suất sóng phản xạ PR để ngăn không cho sự biến thiên đột ngột bị xác định không chính xác như bất thường plasma. Đầu ra của cụm loại bỏ sự biến thiên đột ngột 31 được sử dụng khi thực hiện sự điều khiển bởi hệ thống vòng làm giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng

phản xạ 30 và hệ thống chặn hồ quang 40. Cụm loại bỏ sự biến thiên đột ngột 31 có thể là mạch trễ cấp một được cấu hình bởi LPF (bộ lọc thông thấp).

Cụm san phẳng công suất 51 xuất ra giá trị tương ứng với giá trị công suất là giá trị san phẳng được tính toán như giá trị trung bình hoặc giá trị hiệu dụng của các giá trị phản hồi công suất sóng phản xạ PR. Hệ thống vòng làm giảm độ lớn công suất sóng phản xạ 50 tính toán hệ số tải của tín hiệu điều khiển xung được sử dụng để điều khiển bộ khuếch đại RF dựa trên đầu ra của cụm san phẳng công suất 51.

Phương pháp điều khiển công suất sóng phản xạ theo sáng chế để sử dụng trong việc cấp công suất RF, sẽ cấp công suất RF tới tải plasma, thiết lập hệ thống phản hồi thực hiện sự điều khiển phản hồi bằng cách phản hồi giá trị dò được của đầu ra của cụm máy phát RF biến đổi dòng một chiều của bộ nguồn điện một chiều thành dòng xoay chiều RF thông qua hoạt động chuyển mạch. Trong hệ thống phản hồi này, giá trị dò được của công suất sóng tới được phản hồi tới hệ thống vòng điều khiển công suất sóng tới và giá trị dò được của công suất sóng phản xạ được phản hồi tới hệ thống vòng điều khiển công suất sóng phản xạ 100 bao gồm nhiều hệ thống vòng.

Hệ thống vòng làm giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ và hệ thống chặn hồ quang của hệ thống vòng điều khiển công suất sóng phản xạ 100 điều khiển điện áp ra để giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ hoặc chặn hồ quang. Khi điều khiển giảm hoặc điều khiển chặn, cụm loại bỏ sự biến thiên đột ngột loại bỏ sự biến thiên đột ngột, bao gồm trong giá trị dò được của công suất sóng phản xạ, để ngăn không cho giá trị lớn nhất, sinh ra tại thời điểm tăng plasma, được xác định như bất thường plasma, nhờ đó ngăn không cho việc giảm hoặc chặn được thực hiện không chính xác.

Hệ thống vòng làm giảm độ lớn công suất sóng phản xạ

của hệ thống vòng điều khiển công suất sóng phản xạ 100 san phẳng các giá trị dò được của công suất sóng phản xạ nhờ cụm san phẳng công suất và phản hồi tín hiệu, tương ứng với độ lớn công suất san phẳng, để giảm độ lớn công suất của công suất sóng phản xạ.

Hệ thống vòng điều khiển công suất sóng phản xạ bao gồm hệ thống vòng làm giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ. Hệ thống vòng làm giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ có giá trị giới hạn lớn nhất công suất sóng phản xạ như giá trị ngưỡng để xác định liệu có giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ hay không. Hệ thống vòng làm giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ phản hồi sai lệch giữa giá trị dò được của công suất sóng phản xạ và giá trị giới hạn lớn nhất công suất sóng phản xạ tới hệ thống vòng điều khiển công suất sóng tới để điều khiển độ rộng xung của tín hiệu điều biến độ rộng xung PWM, tín hiệu này kích hoạt bộ chuyển đổi DC/DC tạo ra trong cụm máy phát RF, nhờ đó điều khiển điện áp ra.

Hệ thống vòng điều khiển công suất sóng phản xạ bao gồm hệ thống chặn hồ quang. Hệ thống chặn hồ quang có giá trị giới hạn hồ quang như giá trị ngưỡng để xác định liệu có xuất ra công suất RF hay không. Hệ thống chặn hồ quang điều khiển tín hiệu cực cổng RF của bộ khuếch đại RF tạo trong cụm máy phát RF dựa trên sự so sánh giữa giá trị dò được của công suất sóng phản xạ và giá trị giới hạn hồ quang, nhờ đó điều khiển chặn đầu ra công suất RF của bộ khuếch đại RF.

Trong sự điều khiển giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ và điều khiển chặn hồ quang, giá trị dò được của công suất sóng phản xạ được đưa tới cụm loại bỏ sự biến thiên đột ngột, vốn sẽ loại bỏ sự biến thiên đột ngột, bao gồm trong giá trị dò được và tạo ra tại thời điểm tăng plasma, và ngăn ngừa sự vận hành sai.

Hệ thống vòng điều khiển công suất sóng phản xạ bao gồm hệ thống vòng làm giảm độ lớn công suất sóng phản xạ. Dựa trên sự so sánh giữa giá trị san phẳng, thu được bằng cách san phẳng các giá trị dò được của công suất sóng phản xạ, và giá trị giới hạn san phẳng công suất sóng phản xạ sẽ xác định liệu có giảm độ lớn công suất của công suất RF cũng như giảm độ lớn hay không, hệ thống vòng làm giảm độ lớn công suất sóng phản xạ xác định hệ số tải của tín hiệu điều khiển xung, xác định tỷ lệ thời gian giữa trạng thái mở và trạng thái đóng của tín hiệu cực cổng RF của bộ khuếch đại RF tạo ra trong cụm máy phát RF, nhờ đó thực hiện điều khiển giảm độ lớn công suất của công suất RF xuất ra từ bộ khuếch đại RF. Giá trị san phẳng là giá trị trung bình hoặc giá trị hiệu dụng của các giá trị dò được của công suất sóng phản xạ. Với giá trị giới hạn san phẳng công suất sóng phản xạ, hệ thống vòng làm giảm độ lớn công suất sóng phản xạ có giá trị giới hạn trung bình của công suất sóng phản xạ hoặc giá trị giới hạn hiệu dụng của công suất sóng phản xạ.

Fig.2 là hình vẽ thể hiện lưu đồ điều khiển công suất được thực hiện theo sáng chế. Việc điều khiển công suất sóng phản xạ của bộ nguồn RF theo sáng chế sử dụng bộ cảm biến RF 16, bố trí ở tại đầu ra của cụm máy phát RF 10, để dò được công suất sóng phản xạ gửi từ phía tải tới phía máy phát RF (bước S1).

Sự biến thiên đột ngột được loại bỏ ra khỏi giá trị dò được của công suất sóng phản xạ dò được (bước S2) và, dựa trên giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ dò được, sự điều khiển giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ (bước S3) và điều khiển chặn hồ quang (bước S4) được thực hiện. Sự biến thiên đột ngột có thể được loại bỏ bằng cách tạo trễ cấp một ở giá trị dò được của công suất sóng phản xạ.

Việc điều khiển giảm giá trị lớn nhất của công suất

sóng phản xạ (bước S3) sẽ sử dụng tín hiệu điều khiển PWM, dựa trên giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ, để điều khiển bộ chuyển đổi DC/DC 12 của cụm máy phát RF 10 để điều khiển điện áp ra. Việc điều khiển chặn hồ quang (bước S4) xác định nếu plasma được đốt dựa trên giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ và, khi công suất sóng phản xạ cao được sinh ra do lỗi đốt (bước S7), dừng tín hiệu cực công RF và dừng việc xuất ra từ bộ khuếch đại RF để dừng công suất sóng tới (bước S8). Sau khi dừng công suất sóng tới, sự điều khiển chặn hồ quang thực hiện điều khiển đốt lại để thực hiện lặp lại điều khiển đốt plasma (bước S9).

Điều khiển đốt lại có thể được thực hiện bởi chức năng đốt lại, vốn cố gắng đốt plasma, sau khi đã hết thời gian dừng định sau khi việc đốt được xác định là bị lỗi. Chức năng đốt lại này cho phép người sử dụng xác định số lần đốt lại để lặp lại sự điều khiển đốt và khoảng thời gian của thời gian dừng. Cũng có thể thiết lập chức năng đốt lại sao cho chức năng đốt lại được dừng nếu plasma không được đốt với số lần đốt lại xác định hoặc tiếp tục lại sự điều khiển đốt lại sau khi dừng điều khiển cho thời gian cụ thể.

Giá trị san phẳng của các giá trị dò được của công suất sóng phản xạ có thể được tính toán như giá trị trung bình hoặc giá trị hiệu dụng (bước S5). Việc điều khiển giảm độ lớn công suất sóng phản xạ được thực hiện dựa trên giá trị san phẳng đã tính toán. Việc điều khiển giảm độ lớn công suất sóng phản xạ thiết lập hệ số tải của tín hiệu điều khiển xung dựa trên giá trị san phẳng của công suất sóng phản xạ và thực hiện điều khiển giảm cho bộ khuếch đại RF dựa trên hệ số tải này (bước S6).

Việc điều khiển giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ (bước S3), điều khiển chặn hồ quang (bước S4), và điều khiển giảm độ lớn công suất sóng phản xạ (bước S6), mà mỗi một trong số chúng có giá trị ngưỡng riêng biệt để bắt

đầu điều khiển, có thể thực hiện chế độ điều khiển độc lập với nhau.

Mặt khác, sự điều khiển công suất sóng tới của bộ nguồn RF theo sáng chế sử dụng bộ cảm biến RF 16 để dò được công suất sóng tới gửi từ phía máy phát RF tới phía tải (bước S101). Việc điều khiển công suất sóng tới sẽ sử dụng tín hiệu điều khiển PWM, vốn dựa trên độ lớn dò được của công suất sóng tới, để kích hoạt bộ chuyển đổi DC/DC 12 của cụm máy phát RF 10 để điều khiển điện áp ra (bước S102).

Fig.3 là đồ thị thể hiện mối tương quan giữa các giá trị phản hồi công suất sóng phản xạ, giá trị giới hạn, và mức chặn hồ quang.

Fig.3A thể hiện giá trị phản hồi công suất sóng tới PF. Trên Fig.3B, đầu ra trễ cấp một của công suất sóng phản xạ 202 biểu thị đầu ra dò được bằng cách gây trễ cấp một trong giá trị phản hồi công suất sóng phản xạ PR, và giá trị san phẳng 203 biểu thị giá trị trung bình hoặc giá trị hiệu dụng của các giá trị phản hồi công suất sóng phản xạ PR. Fig.3B cũng thể hiện các giá trị giới hạn (giá trị giới hạn san phẳng công suất sóng phản xạ 301, giá trị giới hạn lớn nhất công suất sóng phản xạ 302) và giá trị giới hạn hồ quang 303 vốn là mức chặn hồ quang. Mặc dù mỗi giá trị phản hồi công suất sóng tới 200 và giá trị phản hồi công suất sóng phản xạ 201 được biểu thị bởi đường cong trên Fig.3, đầu ra của bộ cảm biến RF 16 không những có thể là đầu ra điện áp một chiều mà còn là đầu ra điện áp xoay chiều RF.

Đầu ra trễ cấp một của công suất sóng phản xạ 202 có thể dò được bằng cách gây trễ cấp một trong giá trị phản hồi công suất sóng phản xạ PR để sinh ra tín hiệu mà từ đó biến thiên đột ngột, xảy ra nhanh tại thời điểm tăng plasma, được giảm. Đầu ra trễ cấp một này của công suất sóng phản xạ 202 được so sánh với giá trị giới hạn lớn nhất công suất sóng phản

xạ 302. Kết quả là, nếu đầu ra trễ cấp một của công suất sóng phản xạ 202 đạt tới giá trị giới hạn lớn nhất công suất sóng phản xạ 302, sự điều khiển giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ được thực hiện để giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ này.

Ngoài ra, nếu đầu ra trễ cấp một của công suất sóng phản xạ 202 còn tăng tới giá trị giới hạn hồ quang 303 vốn là mức chặn hồ quang, việc đốt plasma được xác định là bị lỗi và sự điều khiển chặn hồ quang được thực hiện. Sự điều khiển chặn hồ quang sẽ dừng công suất cần được cấp tới tải plasma để chặn hồ quang tại tải plasma.

Nếu giá trị san phẳng (giá trị trung bình hoặc giá trị hiệu dụng) 203 đạt tới giá trị giới hạn san phẳng công suất sóng phản xạ (giá trị giới hạn trung bình của công suất sóng phản xạ hoặc giá trị giới hạn hiệu dụng của công suất sóng phản xạ) 301, sự điều khiển giảm giá trị công suất sóng phản xạ được thực hiện để giới hạn giá trị công suất xuất ra mà không giảm độ lớn điện áp ra của cụm máy phát RF. Việc giới hạn công suất xuất ra theo cách này làm giảm tổn thất nhiệt trong thiết bị khuếch đại công suất RF.

Giá trị phản hồi công suất sóng tới và giá trị phản hồi công suất sóng phản xạ trên Fig.3, đó là những ví dụ thể hiện dưới dạng sơ đồ để thuận lợi cho việc mô tả, chứ không nhằm thể hiện các ví dụ trên thực tế. Cũng không làm giá trị giới hạn và mức chặn hồ quang thể hiện các ví dụ thực tế.

Như được mô tả trên đây, trong máy phát RF vốn cấp công suất RF tới tải plasma thông qua điều khiển xung, sáng chế đạt được sai lệch công suất sóng phản xạ tổng cộng, vốn có khả năng cho phép công suất sóng phản xạ tổng cộng sinh ra khi tổng công suất sóng tới phản hồi tới phía máy phát như một công suất sóng phản xạ, ở trạng thái không đốt trước khi plasma được đốt.

Ngoài ra, sáng chế ngăn ngừa việc xác định không chính xác gây ra bởi giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ tại thời điểm tăng plasma và, đồng thời, sẽ thực hiện điều khiển công suất dựa trên sự thay đổi về công suất sóng phản xạ gây ra bởi thay đổi thời gian dài ở trạng thái plasma của tải plasma. Sự điều khiển công suất này ngăn không cho thiết bị khuếch đại công suất RF bị hư hỏng bởi tất cả công suất sóng phản xạ và, đồng thời, tiếp tục cấp công suất RF mà không cần dừng đốt plasma và duy trì trạng thái plasma.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là hình vẽ thể hiện cấu hình tổng quát của thiết bị cấp công suất RF theo sáng chế;

Fig.2 là hình vẽ thể hiện lưu đồ của phương pháp điều khiển công suất sóng phản xạ theo sáng chế;

Fig.3 là đồ thị thể hiện mối tương quan giữa giá trị phản hồi công suất sóng phản xạ, các giá trị giới hạn, và mức chặn hồ quang;

Fig.4 là hình vẽ thể hiện một ví dụ về cấu hình của thiết bị cấp công suất RF theo sáng chế;

Fig.5 là hình vẽ thể hiện một ví dụ về sự hoạt động của bộ khuếch đại RF;

Fig.6 là hình vẽ thể hiện một ví dụ về sự hoạt động của bộ khuếch đại RF;

Fig.7 là hình vẽ thể hiện một phần của cấu hình mạch của thiết bị cấp công suất RF theo sáng chế;

Fig.8 là hình vẽ thể hiện một phần mạch của cấu hình của thiết bị cấp công suất RF theo sáng chế;

Fig.9 là hình vẽ thể hiện sự hoạt động của hệ thống vòng điều khiển công suất sóng tới của thiết bị cấp công suất RF theo sáng chế;

Fig.10 là hình vẽ thể hiện sự hoạt động của hệ thống

vòng làm giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ của thiết bị cấp công suất RF theo sáng chế;

Fig.11 là lưu đồ thể hiện sự hoạt động của hệ thống vòng làm giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ của thiết bị cấp công suất RF theo sáng chế;

Fig.12 là đồ thị thể hiện sự điều khiển công suất sóng tới và sự điều khiển giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ;

Fig.13 là đồ thị dạng giản đồ thể hiện các sự điều khiển giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ khi đốt plasma thành công và lỗi;

Fig.14 là hình vẽ thể hiện sự hoạt động của hệ thống chặn hồ quang theo sáng chế;

Fig.15 là lưu đồ thể hiện sự hoạt động của hệ thống chặn hồ quang theo sáng chế;

Fig.16 là đồ thị dạng giản đồ thể hiện các hoạt động chặn hồ quang khi đốt plasma thành công và lỗi;

Fig.17 là hình vẽ dạng giản đồ thể hiện sự hoạt động của hệ thống vòng làm giảm độ lớn công suất sóng phản xạ theo sáng chế;

Fig.18 là lưu đồ thể hiện hệ thống vòng làm giảm độ lớn công suất sóng phản xạ theo sáng chế;

Fig.19 là hình vẽ thể hiện sự điều khiển công suất sóng tới và sự điều khiển giảm giá trị công suất sóng phản xạ; và

Fig.20 là hình vẽ thể hiện sự điều khiển giảm giá trị công suất sóng phản xạ theo sáng chế.

Mô tả chi tiết các phương án thực hiện sáng chế

Các phương án thực hiện theo sáng chế được mô tả chi tiết dưới đây dựa vào các hình vẽ. Các mô tả sau đây về thiết bị cấp công suất RF và phương pháp điều khiển công suất sóng phản xạ theo sáng chế. Ví dụ về cấu hình của thiết bị cấp công

suất RF được mô tả dựa vào Fig.4, ví dụ về sự hoạt động của bộ khuếch đại RF được mô tả dựa vào Fig.5 và Fig.6, và một phần mạch của cấu hình của thiết bị cấp công suất RF được mô tả dựa vào Fig.7 và Fig.8. Sự hoạt động của hệ thống vòng điều khiển công suất sóng tới của thiết bị cấp công suất RF được mô tả dựa vào Fig.9, sự hoạt động của hệ thống vòng làm giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ của thiết bị cấp công suất RF được mô tả dựa vào từ Fig.10 tới Fig.13, sự hoạt động của hệ thống chặn hồ quang của thiết bị cấp công suất RF được mô tả dựa vào từ Fig.14 tới Fig.16, và sự hoạt động của hệ thống vòng làm giảm độ lớn công suất sóng phản xạ của thiết bị cấp công suất RF được mô tả dựa vào từ Fig.17 tới Fig.20.

Trước hết, một ví dụ về cấu hình của thiết bị cấp công suất RF theo sáng chế được mô tả dựa vào Fig.4.

Theo Fig.4, thiết bị cấp công suất RF 1 theo sáng chế bao gồm cụm máy phát RF 10 sẽ cấp công suất RF tới tải 103, và đầu ra máy phát 101 của cụm máy phát RF 10 và tải 103 được nối nhờ cáp đồng trục 102. Cáp đồng trục 102 chỉ là ví dụ và không luôn luôn được yêu cầu ở cấu hình này; thay cho cáp đồng trục 102, điện có thể được truyền tải nhờ đường truyền khác bất kỳ.

Việc điều khiển phản hồi của cụm máy phát RF 10 được thực hiện nhờ các hệ thống phản hồi bao gồm hệ thống vòng điều khiển công suất sóng tới 20, hệ thống vòng làm giảm độ lớn công suất sóng phản xạ 50, hệ thống vòng làm giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ 30, và hệ thống chặn hồ quang 40.

Cụm máy phát RF 10 bao gồm bộ nguồn một chiều 11, bộ chuyển đổi DC/DC 12, các bộ khuếch đại RF 13, bộ tổng hợp 14, và bộ lọc thông thấp 15, với bộ cảm biến RF 16 nằm giữa bộ lọc thông thấp 15 và đầu ra máy phát 101.

Bộ nguồn một chiều 11 là bộ nguồn vào của bộ chuyển

đổi DC/DC 12. Thay cho bộ nguồn một chiều 11, điện áp một chiều sinh ra bởi sự chỉnh lưu và lọc điện áp xoay chiều cũng có thể được sử dụng.

Bộ chuyển đổi DC/DC 12 là bộ biến đổi điện áp Edc của bộ nguồn một chiều 11 thành điện áp một chiều Vdc biến thiên, và bộ chuyển đổi có thể được tạo cấu hình bởi mạch đảo hoặc bởi mạch tạo xung. Bộ chuyển đổi DC/DC 12 thay đổi hệ số dẫn điện của dụng cụ bán dẫn theo độ rộng xung của tín hiệu PWM, được cấp từ mạch điều khiển 25 của hệ thống vòng điều khiển công suất sóng tới 20 và, nhờ đó, làm thay đổi điện áp một chiều Vdc của đầu ra. Điện áp một chiều Vdc của đầu ra của bộ chuyển đổi DC/DC 12 được đưa tới bộ khuếch đại RF 13.

Bộ khuếch đại RF 13, bộ phận vốn biến đổi điện áp một chiều thành điện áp xoay chiều, có thể được tạo cấu hình bởi mạch khuếch đại RF lớp D. Mạch khuếch đại RF lớp D là mạch khuếch đại RF vốn biến đổi dòng một chiều của bộ nguồn điện một chiều thành dòng xoay chiều RF thông qua hoạt động chuyển mạch. Mạch khuếch đại này khiến thiết bị chuyển mạch ở giai đoạn xuất ra thực hiện hoạt động mở/đóng dựa trên tín hiệu cực cổng RF để tăng và giảm dòng xuất ra giữa giá trị 0 và giá trị tối đa để thực hiện chế độ khuếch đại nhờ sự chuyển đổi DC/AC. Mạch khuếch đại RF lớp D, có tổn thất nhiệt nhỏ bởi vì điện trở theo thời gian nhỏ của thiết bị chuyển mạch, thực hiện việc chuyển đổi một cách hiệu quả.

Bộ khuếch đại RF 13, được thực hiện bởi mạch khuếch đại lớp D, có thể có cấu hình bộ biến đổi dạng hoàn toàn. Bộ khuếch đại này biến đổi điện áp một chiều Vdc, nhận được từ bộ chuyển đổi DC/DC 12, thành điện xoay chiều RF xuất ra. Độ lớn điện áp của điện xuất ra RF của bộ khuếch đại RF 13 tỷ lệ với điện áp một chiều Vdc nhận được. Dòng một chiều tới phần khuếch đại/chuyển đổi xoay chiều của bộ

khuếch đại RF 13 được thực hiện đồng bộ hóa với tín hiệu cực cổng RF được cấp từ bộ tạo tín hiệu cực cổng 18.

Fig.5 là hình vẽ thể hiện một ví dụ về một cấu hình của bộ khuếch đại RF bao gồm trong máy phát RF. Fig.6 là lược đồ thể hiện tín hiệu cực cổng RF kích hoạt và điều khiển bộ khuếch đại RF, đầu ra RF, và công suất sóng tới và công suất sóng phản xạ dò được tại tải plasma.

Trong bộ khuếch đại RF 120 thể hiện trên Fig.5, các MOSFET (tranzito hiệu ứng trường) 120a-120d ở cấu hình mạch cầu, điểm nối giữa MOSFET 120a và MOSFET 120d mắc nối tiếp và điểm nối giữa MOSFET 120c và MOSFET 120d mắc nối tiếp được nối nhờ biến áp chính 120e, và đầu ra của biến áp chính 120e, dò được qua bộ lọc 120f, là đầu ra RF. Các MOSFET 120a-120d được kích hoạt và điều khiển bởi các tín hiệu cực cổng RF A, A*, B, và B* (xem Fig.5A, Fig.5A).

Các tín hiệu cực cổng RF A và A* (xem Fig. 5, ký hiệu “-” thể hiện bên trên ký tự A để biểu thị tín hiệu nghịch đảo), vốn là các tín hiệu để kích hoạt và điều khiển mạch nối tiếp của MOSFET 120a và MOSFET 120b, ở pha đảo. Các tín hiệu cực cổng RF B và B* (xem Fig.5, ký hiệu “-” thể hiện bên trên ký tự B để biểu thị tín hiệu nghịch đảo), vốn là các tín hiệu để kích hoạt và điều khiển mạch nối tiếp của MOSFET 120c và MOSFET 120d, ở pha đảo. Tín hiệu cổng RF A và tín hiệu cực cổng RF B là các tín hiệu ở pha đảo.

Các tín hiệu cực cổng RF A, A*, B, và B* (xem Fig.6A, Fig.6B) được điều khiển bởi tín hiệu điều khiển xung (Fig.6C). Các tín hiệu cực cổng RF A, A*, B, và B* được xuất ra khi tín hiệu điều khiển xung được bật. Trong thời điểm này, đầu ra RF (Fig. 6D) được xuất ra.

Fig.6E và Fig.6F thể hiện công suất sóng tới và công suất sóng phản xạ tiếp nhận được tại tải plasma. Theo Fig.6F, công suất sóng phản xạ được sinh ra trong thời gian ngắn tại

tải plasma, mà hộp phù hợp trở kháng được lắp trên đó, khi tín hiệu cực cổng RF (xem Fig.6A, Fig.6B) sinh ra, và tắt dần sau khi đã trôi qua thời gian ổn định (xem Fig.6F).

Mỗi nối song song của các bộ khuếch đại RF cho điện áp đầu ra RF lớn hơn. Theo cấu hình mà trong đó các bộ khuếch đại RF được nối song song, các điện áp xoay chiều tại đầu ra máy phát 101 của cụm máy phát RF 10 được đặt đồng pha với nhau bằng cách đồng bộ pha sự khuếch đại/chuyển đổi của các cụm máy phát RF.

Bộ tổng hợp 14 là bộ phận sẽ kết hợp các điện áp đầu ra RF, xuất ra từ các bộ khuếch đại RF 13, thành một. Bộ tổng hợp 14 có thể được bỏ qua khi một bộ khuếch đại RF 13 được sử dụng.

Điện áp đầu ra RF, xuất ra từ bộ khuếch đại RF 13, và điện áp đầu ra RF, được kết hợp thành một và xuất ra bởi bộ tổng hợp 14, bao gồm nhiều thành phần hình sin bậc cao. Bộ lọc thông thấp 15 tạo hình dạng sóng của điện áp đầu ra RF, loại bỏ các thành phần hình sin bậc cao bao gồm trong công suất RF, và gửi điện áp đầu ra RF, sẽ bao gồm một vài thành phần hình sin bậc cao, tới bộ cảm biến RF 16.

Bộ cảm biến RF 16 dò riêng biệt hai công suất, công suất sóng tới và công suất sóng phản xạ, bao gồm trong điện áp đầu ra RF, và xuất chúng thành giá trị phản hồi công suất sóng tới PF và giá trị phản hồi công suất sóng phản xạ PR. Điện áp đầu ra RF, vốn đi qua bộ cảm biến RF 16, được gửi tới đầu ra máy phát 101. Đầu ra máy phát 101 nối cáp đồng trục 102 và cụm máy phát RF 10. Việc phát ra công suất sóng phản xạ không mong muốn được ngăn ngừa bởi sự phù hợp trở kháng riêng của đầu ra máy phát 101 với trở kháng riêng của cáp đồng trục 102.

Cáp đồng trục 102 cấp điện áp đầu ra RF, nhận được từ đầu ra máy phát 101, tới tải 103.

Tải 103 có thể phù hợp trở kháng, nhìn từ phía máy phát RF, với trở kháng riêng của đầu ra máy phát 101 và trở kháng riêng của cáp đồng trục 102 qua hộp phù hợp (hộp phù hợp trở kháng). Trở kháng riêng và trở kháng phù hợp là, ví dụ, 50ôm.

Hệ thống vòng điều khiển công suất sóng tới 20 là hệ thống phản hồi sẽ phản hồi giá trị phản hồi công suất sóng tới PF, dò được bởi bộ cảm biến RF 16, tới bộ chuyển đổi DC/DC 12 sao cho công suất sóng tới của cụm máy phát RF 10 bằng với giá trị lệnh cho công suất sóng tới. Hệ thống vòng điều khiển công suất sóng tới 20 bao gồm mạch chặn 22, thiết bị khuếch đại sai số công suất sóng tới 23, mạch tạo tín hiệu PWM 24, và mạch kích hoạt 25 được nối nối tiếp theo hướng từ bộ cảm biến RF 16 tới bộ chuyển đổi DC/DC 12.

Giá trị lệnh cho công suất sóng tới 21 là giá trị tham chiếu, được sử dụng trong quá trình điều khiển công suất sóng tới, để điều khiển độ lớn của giá trị phản hồi công suất sóng tới PF thu được bởi bộ cảm biến RF 16. Trong quá trình điều khiển công suất sóng tới, tín hiệu PWM được phát ra có độ rộng xung làm cho giá trị lớn nhất của giá trị phản hồi công suất sóng tới PF bằng với giá trị lệnh cho công suất sóng tới 21. Tín hiệu PWM này được sử dụng để điều khiển xung bộ chuyển đổi DC/DC 12.

Giá trị phản hồi công suất sóng tới PF, được xuất ra bởi bộ cảm biến RF 16, bao gồm giá trị của vùng Ton và giá trị của vùng Toff. Giá trị của vùng Ton biểu thị độ lớn của công suất sóng tới. Mặt khác, giá trị của vùng Toff không biểu thị độ lớn của công suất sóng tới. Mạch chặn 22 chỉ chặn giá trị của vùng Ton của giá trị phản hồi công suất sóng tới PF, không bao gồm giá trị của vùng Toff, để dò được độ lớn của công suất sóng tới.

Mạch chặn 22 bật chuyển mạch theo vùng Ton của giá

trị phản hồi công suất sóng tới PF, và tắt và ngắt kết nối chuyển mạch theo vùng Toff, để duy trì ngay lập tức trạng thái đó, và chặn biên độ giá trị phản hồi công suất sóng tới. Mạch chặn 22 gửi biên độ lớn của giá trị phản hồi công suất sóng tới PF, vốn được chặn, tới thiết bị khuếch đại sai số công suất sóng tới 23.

Fig.7 là sơ đồ mạch thể hiện một ví dụ về cấu hình của mạch chặn 22. Trong mạch 60 được thể hiện trên Fig.7A, mạch chặn 61, được tạo cấu trúc bởi mạch chuyển mạch 65, nhận giá trị lệnh cho công suất sóng tới 21 và giá trị phản hồi công suất sóng tới PF với điện trở 63 và điện trở 64 được nối với đầu vào của mạch chuyển mạch 65. Mạch chuyển mạch 65, sẽ thực hiện chuyển mạch theo sự đồng bộ hóa với việc mở/đóng giá trị phản hồi công suất sóng tới PF, gửi giá trị phản hồi công suất sóng tới PF của vùng Ton, cũng như giá trị lệnh cho công suất sóng tới, tới mạch khuếch đại sai số 62 được nối với đầu ra của mạch chuyển mạch 65.

Mạch khuếch đại sai số 62, được tạo cấu hình bởi bộ khuếch đại thuật toán 66, sẽ khuếch đại sự chênh lệch giữa giá trị phản hồi công suất sóng tới PF và giá trị lệnh cho công suất sóng tới. Hình vẽ thể hiện một ví dụ trong đó chức năng khuếch đại sai số được tạo cấu hình bởi phần cứng của mạch khuếch đại sai số 62 bao gồm bộ khuếch đại thuật toán 66. Chức năng có thể được thực thi không những bởi cấu hình phần cứng mà còn bởi cấu hình phần mềm trong đó CPU chạy chương trình để thực hiện xử lý khuếch đại sai số.

Trong mạch 70 được thể hiện trên Fig.7B, mạch chặn 71, được tạo cấu hình bởi mạch chuyển mạch 75 và tụ điện, nhận giá trị phản hồi công suất sóng tới PF qua đầu vào của mạch chuyển mạch 75. Mạch chuyển mạch 75 thực hiện chuyển mạch đồng bộ với việc mở/đóng giá trị phản hồi công suất sóng tới PF và chặn giá trị phản hồi công suất sóng tới PF của vùng

Ton trong tụ điện.

Giá trị điện áp chặn trong tụ điện, vốn là giá trị phản hồi công suất sóng tới PF, được gửi tới mạch khuếch đại sai số 72 qua mạch đệm 77 và điện trở 74. Mạch khuếch đại sai số 72 nhận giá trị lệnh cho công suất sóng tới 21 qua điện trở 73. Mạch khuếch đại sai số 72, được tạo cấu hình bởi bộ khuếch đại thuật toán 76, khuếch đại chênh lệch giữa giá trị phản hồi công suất sóng tới PF và giá trị lệnh cho công suất sóng tới.

Thiết bị khuếch đại sai số công suất sóng tới 23 khuếch đại sai số giữa giá trị lệnh cho công suất sóng tới và giá trị phản hồi công suất sóng tới PF với độ khuếch đại định trước và xuất ra giá trị tạo thành như như lượng điều khiển.

Mạch tạo tín hiệu PWM 24 tạo ra tín hiệu PWM lớn hơn nhờ so sánh hai lượng điều khiển của thiết bị khuếch đại sai số công suất sóng tới 23 hoặc bộ khuếch đại sai số công suất giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ 34.

Lượng điều khiển xuất ra bởi bộ khuếch đại sai số công suất giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ 34 là lượng điều khiển sẽ thực hiện sự điều khiển giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ. Nếu giá trị điều khiển của thiết bị khuếch đại sai số công suất sóng tới 23 là lớn hơn lượng điều khiển của bộ khuếch đại sai số công suất giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ 34, sự điều khiển công suất sóng tới được thực hiện theo lượng điều khiển của thiết bị khuếch đại sai số công suất sóng tới 23. Ngược lại, nếu lượng điều khiển của bộ khuếch đại sai số công suất giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ 34 là lớn hơn lượng điều khiển của thiết bị khuếch đại sai số công suất sóng tới 23, thì sự điều khiển giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ được thực hiện theo lượng điều khiển của bộ khuếch đại sai số công suất giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ 34 để giảm và hạ giá trị lớn nhất vượt quá của công suất sóng phản xạ.

Mạch kích hoạt 25 phát ra tín hiệu kích hoạt, sẽ khuếch đại điện áp đủ cao để kích hoạt dụng cụ bán dẫn trong bộ chuyển đổi DC/DC 12, dựa trên tín hiệu PWM được tạo ra bởi mạch tạo tín hiệu PWM 24. Sau đó, mạch kích hoạt 25 gửi tín hiệu kích hoạt được tạo ra tới cực cửa của dụng cụ bán dẫn trong bộ chuyển đổi DC/DC 12 để buộc bộ chuyển đổi DC/DC 12 thực hiện hoạt động chuyển mạch nhằm biến đổi điện áp một chiều E_{dc} của bộ nguồn một chiều 11 thành điện áp ra V_{dc}. Ngoài ra, mạch kích hoạt 25 cách điện giữa các điện áp tham chiếu của mạch tạo tín hiệu PWM 24 và điện áp tham chiếu của bộ chuyển đổi DC/DC 12 và, nếu điện áp của tín hiệu PWM và điện áp của bộ chuyển đổi DC/DC 12 khác nhau, mạch kích hoạt 25 sẽ ngăn ngừa hư hỏng, hoặc sự cố đối với mạch tạo tín hiệu PWM 24 gây ra bởi dòng từ bộ chuyển đổi DC/DC 12 tới mạch tạo tín hiệu PWM 24.

Hệ thống vòng làm giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ 30 là hệ thống phản hồi sẽ giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ của cụm máy phát RF 10 bằng cách phản hồi giá trị phản hồi công suất sóng phản xạ PR, dò được bởi bộ cảm biến RF 16, tới bộ chuyển đổi DC/DC 12 qua hệ thống vòng điều khiển công suất sóng tới 20. Hệ thống vòng làm giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ 30 bao gồm cụm loại bỏ sự biến thiên đột ngột 31, giá trị giới hạn lớn nhất công suất sóng phản xạ 32, mạch chặn 33, và bộ khuếch đại sai số công suất giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ 34. Hệ thống vòng làm giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ 30 gửi đầu ra của bộ khuếch đại sai số công suất giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ 34 tới mạch tạo tín hiệu PWM 24 của hệ thống vòng điều khiển công suất sóng tới 20 để điều khiển độ rộng xung của tín hiệu PWM sẽ kích hoạt bộ chuyển đổi DC/DC 12, nhờ đó giảm và hạ giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ.

Cụm loại bỏ sự biến thiên đột ngột 31 là mạch sẽ loại bỏ biến thiên đột ngột sinh ra tại thời điểm tăng plasma. Trong tải plasma, công suất sóng phản xạ dạng đỉnh được sinh ra một cách chắc chắn tại thời điểm tăng plasma ngay cả khi plasma được đốt thành công. Nếu công suất sóng phản xạ sinh ra tại thời điểm tăng plasma đạt tới giá trị thiết lập (giá trị giới hạn lớn nhất công suất sóng phản xạ), sự tăng này trong công suất sóng phản xạ đôi khi được xác định không chính xác thành sự tăng công suất sóng phản xạ gây ra do sự bất thường trong tải plasma. Việc điều khiển giảm giá trị lớn nhất công suất sóng phản xạ, nếu thực hiện dựa trên sự xác định không chính xác này, có thể phát sinh vấn đề rằng plasma được đốt sẽ trở nên không ổn định.

Cụm loại bỏ sự biến thiên đột ngột 31 loại bỏ sự biến thiên đột ngột bao gồm trong giá trị phản hồi công suất sóng phản xạ PR dò được và ngăn ngừa sự xác định không chính xác vốn có thể được gây ra bởi công suất sóng phản xạ sinh ra tại thời điểm tăng plasma. Cụm loại bỏ sự biến thiên đột ngột 31 có thể được tạo cấu hình bởi mạch trễ cấp một bao gồm điện trở và tụ điện.

Fig.8 là hình vẽ thể hiện một ví dụ về cấu hình của cụm loại bỏ sự biến thiên đột ngột 31. Fig.8A thể hiện một ví dụ về mạch trong đó cụm loại bỏ sự biến thiên đột ngột 31 được tạo cấu hình bởi mạch trễ cấp một 80. Mạch này có thể được tạo cấu hình bởi bộ lọc thông thấp (LPF) bao gồm điện trở 81 và tụ điện 82.

Fig.8B thể hiện một ví dụ khác về cấu hình của cụm loại bỏ sự biến thiên đột ngột 31. Cụm loại bỏ sự biến thiên đột ngột 31 có thể được tạo cấu hình bởi mạch lọc 90 sẽ loại bỏ các thành phần RF. Mạch chuyển mạch 95 sẽ chuyển mạch đầu ra của tín hiệu dò được của công suất sóng phản xạ và chỉ xuất ra tín hiệu mà sự biến thiên đột ngột, bao gồm trong tín hiệu

dò được, được loại bỏ ra khỏi đó. Biến thiên đột ngột được dò được bởi mạch vi phân 91, mạch so sánh 92, và giá trị giới hạn 93. Sự thay đổi trong tín hiệu dò được thu bởi mạch vi phân 91, và giá trị vi phân dò được và giá trị giới hạn 93 được so sánh để dò sự biến thiên đột ngột. Mạch chuyển mạch 95 đưa sự biến thiên đột ngột vào trạng thái đóng dựa trên đầu ra của mạch so sánh 92 và dùng đầu ra của tín hiệu dò được; mặt khác, mạch chuyển mạch 95 đưa tín hiệu, không bao gồm sự biến thiên đột ngột, vào trạng thái mở và xuất ra tín hiệu dò được. Mạch trễ 94 làm trễ tín hiệu dò được theo thời gian, cần cho quá trình xử lý của mạch vi phân 91 và mạch so sánh 92, để điều chỉnh thời gian chuyển mạch được thực hiện bởi mạch chuyển mạch 95.

Theo Fig.4, giá trị giới hạn lớn nhất công suất sóng phản xạ 32 là giá trị tham chiếu với đầu ra của cụm loại bỏ sự biến thiên đột ngột 31 được so sánh khi sự điều khiển giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ được thực hiện. Giá trị này là giá trị thiết lập trước. Trong quá trình điều khiển giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ, giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ phản hồi được giới hạn ở giá trị bằng hoặc nhỏ hơn giá trị giới hạn lớn nhất công suất sóng phản xạ 32.

Mạch chặn 33 có thể có cấu hình tương tự với cấu hình của mạch chặn 22 bố trí trong hệ thống vòng điều khiển công suất sóng tới 20. Mạch chặn 33 bật chuyển mạch theo vùng Ton của giá trị phản hồi công suất sóng phản xạ PR, và tắt và ngắt kết nối chuyển mạch theo vùng Toff, để duy trì trạng thái ngay trước đó và chặn độ lớn của giá trị phản hồi công suất sóng phản xạ. Mạch chặn 33 gửi độ lớn của giá trị phản hồi công suất sóng phản xạ PR, vốn được chặn, tới bộ khuếch đại sai số công suất giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ 34.

Bộ khuếch đại sai số công suất giá trị lớn nhất của

công suất sóng phản xạ 34 sẽ khuếch đại sự chênh lệch giữa giá trị giới hạn lớn nhất công suất sóng phản xạ 32 và đầu ra của cụm loại bỏ sự biến thiên đột ngột 31 với độ khuếch đại chọn trước và xuất ra giá trị tạo thành như lượng điều khiển.

Lượng điều khiển xuất ra bởi bộ khuếch đại sai số công suất giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ 34 là lượng điều khiển theo đó sẽ thực hiện sự điều khiển giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ. Mạch tạo tín hiệu PWM 24 nhận đầu ra của bộ khuếch đại sai số công suất giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ 34 và đầu ra của thiết bị khuếch đại sai số công suất sóng tới 23. Nếu lượng điều khiển của bộ khuếch đại sai số công suất giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ 34 lớn hơn lượng điều khiển của thiết bị khuếch đại sai số công suất sóng tới 23, sự điều khiển giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ được thực hiện theo lượng điều khiển của bộ khuếch đại sai số công suất giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ 34 để giảm giá trị lớn nhất vượt quá của công suất sóng phản xạ.

Hệ thống chặn hồ quang 40 là hệ thống phản hồi sẽ phản hồi giá trị phản hồi công suất sóng phản xạ PR, dò được bởi bộ cảm biến RF 16, tới bộ khuếch đại RF 13 để điều khiển chặn hồ quang bằng cách dừng cấp công suất tới tải plasma. Hệ thống chặn hồ quang 40 bao gồm cụm loại bỏ sự biến thiên đột ngột 31, bố trí trong hệ thống vòng làm giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ 30, cũng như giá trị giới hạn hồ quang 41, bộ so sánh 42, và bộ tạo tín hiệu ngắt cực cổng 43, và gửi đầu ra của bộ tạo tín hiệu đóng cực cổng 43 tới bộ tạo tín hiệu cực cổng 18. Bằng cách đó, hệ thống chặn hồ quang 40 điều khiển hệ số tải của tín hiệu điều khiển xung, vốn điều khiển việc mở/đóng tín hiệu cực cổng RF sẽ kích hoạt bộ khuếch đại RF 13, để chặn hồ quang.

Ngoài cấu hình mà trong đó cụm loại bỏ sự biến thiên

đột ngột 31 được bố trí trong hệ thống vòng làm giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ 30 cũng được sử dụng trong hệ thống chặn hồ quang 40, các cấu hình khác cũng có thể áp dụng. Ví dụ, cụm loại bỏ sự biến thiên đột ngột 31 có thể được trang bị riêng biệt trong hệ thống chặn hồ quang 40. Cấu hình khác nữa là cụm loại bỏ sự biến thiên đột ngột được trang bị độc lập trong hệ thống vòng làm giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ 30 và hệ thống chặn hồ quang 40; trong trường hợp này, giá trị dò được của công suất sóng phản xạ, mà biến thiên đột ngột được loại bỏ ra khỏi đó, được gửi tới cả hai hệ thống phản hồi, đó là, tới hệ thống vòng làm giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ 30 và hệ thống chặn hồ quang 40.

Giá trị giới hạn hồ quang 41 là giá trị mức được sử dụng để xác định xem liệu việc đốt tải plasma được thực hiện hay chưa. Việc tải plasma được đốt thành công hay bị bị lỗi được xác định nhờ xác định xem liệu giá trị dò được, phát ra bởi việc loại bỏ biến thiên đột ngột từ giá trị phản hồi công suất sóng phản xạ PR, đã đạt tới giá trị giới hạn hồ quang 41 hay chưa. Giá trị phản hồi công suất sóng phản xạ PR tăng khi việc đốt tải plasma bị bị lỗi. Do đó, nếu đầu ra của cụm loại bỏ sự biến thiên đột ngột 31 đã đạt tới giá trị giới hạn hồ quang 41, sẽ dò được rằng việc đốt tải plasma bị bị lỗi.

Bộ so sánh 42 là bộ so sánh sẽ so sánh giá trị giới hạn hồ quang 41 và đầu ra của cụm loại bỏ sự biến thiên đột ngột 31 để xác định trạng thái đốt của tải plasma. Bộ so sánh 42 xác định rằng việc đốt đã thành công nếu đầu ra của cụm loại bỏ sự biến thiên đột ngột 31 là bằng hoặc nhỏ hơn giá trị giới hạn hồ quang 41; ngược lại, bộ so sánh 42 xác định rằng việc đốt đã bị lỗi nếu đầu ra của cụm loại bỏ sự biến thiên đột ngột 31 vượt quá giá trị giới hạn hồ quang 41.

Bộ tạo tín hiệu đóng cực công 43 gửi tín hiệu đóng cực

công tới bộ tạo tín hiệu cực cổng 18 theo đầu ra tín hiệu xác định bởi bộ so sánh 42. Khi việc đốt thành công, bộ tạo tín hiệu đóng cực cổng 43 không gửi tín hiệu đóng cực cổng nhưng cho phép bộ tạo tín hiệu cực cổng 18 xuất ra tín hiệu cực cổng RF. Khi việc đốt bị lỗi, bộ tạo tín hiệu đóng cực cổng 43 gửi tín hiệu đóng cực cổng để ngăn không cho bộ tạo tín hiệu cực cổng 18 xuất ra tín hiệu cực cổng RF.

Bộ tạo tín hiệu cực cổng 18 là mạch cấp tín hiệu cực cổng RF vốn điều khiển điện áp cực cửa RF cần để kích hoạt thiết bị khuếch đại công suất RF trong bộ khuếch đại RF 13. Bộ tạo tín hiệu cực cổng 18 cấp tín hiệu phát ra cổng RF tới các MOSFET có cấu hình cầu 120 trong bộ khuếch đại RF 13 được thể hiện trên Fig.5 để chuyển mạch lần lượt các MOSFET 120 giữa trạng thái mở và đóng để phát ra đầu ra RF.

Tín hiệu điều khiển xung là tín hiệu điều khiển được sử dụng để điều khiển đầu ra của tín hiệu cực cổng RF. Khi ở trạng thái mở, tín hiệu điều khiển xung làm cho bộ tạo tín hiệu cực cổng 18 xuất ra tín hiệu cực cổng RF và, khi ở trạng thái đóng, làm cho bộ tạo tín hiệu cực cổng 18 chặn tín hiệu cực cổng RF. Việc điều khiển hệ số tải, vốn được xác định bằng tỷ lệ độ rộng thời gian giữa trạng thái mở và trạng thái đóng ($= \text{trạng thái mở} / (\text{trạng thái mở} + \text{trạng thái đóng})$), sẽ điều khiển giá trị công suất xuất ra bởi bộ khuếch đại RF 13.

Trong thời gian điều khiển xung thông thường, bộ khuếch đại RF 13 được kích hoạt với hệ số tải, bằng hệ số tải của tín hiệu điều khiển xung được chọn trước trong bộ tạo tín hiệu cực cổng 18, để xuất ra công suất RF.

Khi tín hiệu đóng cực cổng được nhận từ bộ tạo tín hiệu đóng cực cổng 43, bộ tạo tín hiệu cực cổng 18 chặn đầu ra của tín hiệu điều khiển xung hoặc giảm hệ số tải để giảm công suất RF, xuất ra bởi bộ khuếch đại RF 13, hoặc dừng công suất RF.

Mạch nhánh 17 là mạch sẽ phân nhánh và cấp tín hiệu điều khiển xung, xuất ra bởi bộ tạo tín hiệu cực cổng 18, tới mỗi một trong số các bộ khuếch đại RF khi đó là các bộ khuếch đại RF 13. Khi chỉ có một bộ khuếch đại RF, mạch nhánh 17 là không cần thiết.

Hệ thống vòng làm giảm độ lớn công suất sóng phản xạ 50 là hệ thống phản hồi sẽ phản hồi giá trị phản hồi công suất sóng phản xạ PR, dò được bởi bộ cảm biến RF 16, tới bộ khuếch đại RF 13 để giảm độ lớn công suất của công suất sóng phản xạ của cụm máy phát RF 10. Hệ thống vòng làm giảm độ lớn công suất sóng phản xạ 50 bao gồm cụm san phẳng công suất 51 là cụm san phẳng để làm phẳng công suất của giá trị phản hồi công suất sóng phản xạ, giá trị giới hạn san phẳng công suất sóng phản xạ 52 được sử dụng như giá trị ngưỡng của giá trị san phẳng công suất sóng phản xạ được san phẳng, thiết bị khuếch đại sai số công suất giá trị san phẳng công suất sóng phản xạ 53 sẽ khuếch đại công suất dựa trên chênh lệch giữa giá trị san phẳng công suất sóng phản xạ và giá trị giới hạn san phẳng công suất sóng phản xạ, và bộ tạo tín hiệu giảm hệ số tải 54 sẽ xác định hệ số tải của tín hiệu điều khiển xung dựa trên đầu ra của thiết bị khuếch đại sai số công suất giá trị san phẳng công suất sóng phản xạ được san phẳng 53. Hệ thống vòng làm giảm độ lớn công suất sóng phản xạ 50 gửi đầu ra của bộ tạo tín hiệu giảm hệ số tải 54 tới bộ tạo tín hiệu cực cổng 18. Hệ thống vòng làm giảm độ lớn công suất sóng phản xạ 50 điều khiển hệ số tải của tín hiệu điều khiển xung để giảm và hạ độ lớn công suất của công suất sóng phản xạ.

Do cần điều khiển độ lớn công suất mà không thay đổi biên độ điện áp của công suất sóng phản xạ, hệ thống vòng làm giảm độ lớn công suất sóng phản xạ 50 bao gồm cụm san phẳng công suất 51, vốn tính toán giá trị trung bình của giá trị hiệu dụng, như một phương tiện để san phẳng giá trị phản hồi công

suất sóng phản xạ PR. Hệ thống vòng làm giảm độ lớn công suất sóng phản xạ 50 sẽ phản hồi lượng điều khiển được tính toán tới bộ khuếch đại RF 13 để điều khiển độ lớn công suất.

Với giá trị trung bình hoặc giá trị hiệu dụng của công suất sóng phản xạ như giá trị san phẳng công suất sóng phản xạ, hệ thống vòng làm giảm độ lớn công suất sóng phản xạ 50 thực hiện sự điều khiển giảm công suất sóng phản xạ để làm cho giá trị san phẳng công suất sóng phản xạ bằng hoặc nhỏ hơn giá trị tham chiếu. Trong phần mô tả dưới đây, sự điều khiển giảm được thực hiện dựa trên giá trị trung bình công suất sóng phản xạ được tham chiếu như sự điều khiển giảm giá trị trung bình công suất sóng phản xạ, trong khi sự điều khiển giảm được thực hiện dựa trên giá trị hiệu dụng công suất sóng phản xạ được tham chiếu như sự điều khiển giảm giá trị hiệu dụng công suất sóng phản xạ.

Cụm san phẳng công suất 51, vốn là mạch san phẳng giá trị phản hồi công suất sóng phản xạ PR để xuất ra giá trị san phẳng công suất sóng phản xạ, bao gồm mạch giá trị trung bình hoặc mạch giá trị hiệu dụng. Mỗi một trong số các mạch giá trị trung bình và mạch giá trị hiệu dụng sẽ tính toán giá trị trung bình hoặc giá trị hiệu dụng của các giá trị phản hồi công suất sóng phản xạ PR tạo ra trong quá trình điều khiển xung của cụm máy phát RF 10. Mạch này có thể được tạo cấu hình không chỉ bởi phần cứng mà còn như xử lý hoạt động phần mềm. Mạch giá trị trung bình, khi được tạo cấu hình bởi phần cứng, có thể được tạo cấu hình bởi mạch trễ cấp một gồm có điện trở và tụ điện.

Giá trị san phẳng công suất sóng phản xạ được tính toán bằng cách san phẳng các giá trị phản hồi công suất sóng phản xạ PR như được mô tả trên đây. Điều này làm giảm tổn thất nhiệt trong, và ngăn ngừa sự hư hỏng với thiết bị khuếch đại công suất RF, không bằng cách giảm độ lớn của điện áp

đầu ra RF, mà bằng cách giảm hệ số tải của tín hiệu điều khiển xung.

Giá trị giới hạn san phẳng công suất sóng phản xạ (giá trị giới hạn trung bình của công suất sóng phản xạ, giá trị giới hạn hiệu dụng của công suất sóng phản xạ) là giá trị tham chiếu cần được so sánh với đầu ra của cụm san phẳng công suất (mạch giá trị trung bình, mạch giá trị hiệu dụng) 51 khi sự điều khiển giảm giá trị san phẳng công suất sóng phản xạ (sự điều khiển giảm giá trị trung bình công suất sóng phản xạ, sự điều khiển giảm giá trị hiệu dụng công suất sóng phản xạ) được thực hiện. Để giá trị san phẳng (giá trị trung bình, giá trị hiệu dụng) của các giá trị phản hồi công suất sóng phản xạ PR trở nên bằng hoặc nhỏ hơn giá trị giới hạn san phẳng công suất sóng phản xạ (giá trị giới hạn trung bình của công suất sóng phản xạ, giá trị giới hạn hiệu dụng của công suất sóng phản xạ) trong sự điều khiển giảm giá trị san phẳng công suất sóng phản xạ (sự điều khiển giảm giá trị trung bình công suất sóng phản xạ, sự điều khiển giảm giá trị hiệu dụng công suất sóng phản xạ), hệ số tải của tín hiệu điều khiển xung được điều chỉnh, trạng thái mở của tín hiệu cực cổng RF tạo ra bởi bộ tạo tín hiệu cực cổng 18 được giới hạn, và độ lớn công suất của công suất sóng phản xạ được giảm (hạ).

Bộ khuếch đại sai số công suất giá trị san phẳng công suất sóng phản xạ (thiết bị khuếch đại sai số công suất giá trị trung bình công suất sóng phản xạ, thiết bị khuếch đại sai số công suất giá trị hiệu dụng công suất sóng phản xạ) 53 sẽ khuếch đại sai số, là sai lệch giữa giá trị giới hạn san phẳng công suất sóng phản xạ (giá trị giới hạn trung bình của công suất sóng phản xạ, giá trị giới hạn hiệu dụng của công suất sóng phản xạ) 52 và đầu ra của cụm san phẳng công suất (mạch giá trị trung bình, mạch giá trị hiệu dụng) 51, với độ khuếch đại định trước và xuất ra kết quả là lượng điều khiển.

Bộ tạo tín hiệu giảm hệ số tải 54 là mạch xác định hệ số tải giữa trạng thái mở và trạng thái đóng tại thời điểm điều khiển xung theo đầu ra lượng điều khiển bởi thiết bị khuếch đại sai số công suất giá trị san phẳng công suất sóng phản xạ (thiết bị khuếch đại sai số công suất giá trị trung bình công suất sóng phản xạ, thiết bị khuếch đại sai số công suất giá trị hiệu dụng công suất sóng phản xạ) 53.

Trong quá trình điều khiển giảm giá trị san phẳng công suất sóng phản xạ, bộ tạo tín hiệu cực cổng 18 nhận tín hiệu điều khiển xung từ bộ tạo tín hiệu giảm hệ số tải 54 và tạo ra tín hiệu cực cổng RF mà trạng thái mở và trạng thái đóng dựa trên hệ số tải của tín hiệu điều khiển xung. Bộ tạo tín hiệu cực cổng 18 cũng nhận tín hiệu đóng cực cổng từ bộ tạo tín hiệu đóng cực cổng 43 của hệ thống chặn hồ quang 40. Tín hiệu đóng cực cổng này có quyền ưu tiên cao hơn tín hiệu hệ số tải và dừng tín hiệu cực cổng RF.

Khi quá trình điều khiển không chuyển tới điều khiển giảm giá trị trung bình công suất sóng phản xạ mà sự điều khiển công suất sóng tới thông thường được thực hiện, bộ tạo tín hiệu giảm hệ số tải 54 không phát ra tín hiệu giảm hệ số tải nhưng tạo ra tín hiệu cực cổng với tín hiệu điều khiển xung, có hệ số tải cố định chọn trước, và thực hiện sự điều khiển xung.

Dưới đây mô tả một ví dụ về sự điều khiển thiết bị cấp công suất RF theo sáng chế.

Đầu tiên, sự điều khiển công suất sóng tới thực hiện bởi hệ thống vòng điều khiển công suất sóng tới được mô tả có dựa vào Fig.9.

Khi trở kháng của tải 103 được phù hợp với 50ôm và không có công suất sóng phản xạ, sự điều khiển công suất sóng tới được thực hiện bởi hệ thống vòng điều khiển công suất sóng tới 20 thể hiện trên Fig.9 (được biểu thị bởi các mũi tên đậm).

Trong quá trình điều khiển công suất sóng tới, đầu ra Vdc của bộ chuyển đổi DC/DC 12 được tạo biến thiên để điều khiển biên độ của điện áp đầu ra RF sao cho giá trị lệnh cho công suất sóng tới 21 luôn luôn phù hợp với giá trị lớn nhất của giá trị phản hồi công suất sóng tới PF.

Khi trở kháng của tải 103 không phù hợp với 50Ω trong quá trình điều khiển công suất sóng tới và điều kiện (1), (2), hoặc (3) nêu dưới đây được thỏa mãn, vòng điều khiển chuyển từ hệ thống vòng điều khiển công suất sóng tới 20 thành hệ thống vòng điều khiển công suất sóng phản xạ 100 (hệ thống vòng làm giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ 30, hệ thống chặn hồ quang 40, hoặc hệ thống vòng làm giảm độ lớn công suất sóng phản xạ 50) trong đó sự điều khiển giảm hoặc chế độ chặn được thực hiện.

(1) Nếu đầu ra trở cấp một 202, mà sự biến thiên đột ngột trong công suất sóng phản xạ được loại bỏ ra khỏi đó, đạt tới giá trị giới hạn lớn nhất công suất sóng phản xạ 302 như được thể hiện trên Fig.3B, hệ thống vòng làm giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ 30 được kích hoạt để khởi động sự điều khiển giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ.

(2) Nếu đầu ra trở cấp một 202, mà biến thiên đột ngột trong công suất sóng phản xạ được loại bỏ ra khỏi đó, đạt tới giá trị giới hạn hồ quang 303 như được thể hiện trên Fig.3B, hệ thống chặn hồ quang 40 được kích hoạt để khởi động chế độ chặn hồ quang.

[0151]

(3) Nếu giá trị san phẳng 203 của công suất sóng phản xạ được tính toán bởi cụm san phẳng công suất (mạch giá trị trung bình, mạch giá trị hiệu dụng) 51 đạt tới giá trị giới hạn giá trị san phẳng công suất sóng phản xạ (giá trị giới hạn trung bình của công suất sóng phản xạ, giá trị giới hạn giá trị hiệu

dụng công suất sóng phản xạ) 301 như được thể hiện trên Fig.3B, sự điều khiển giảm độ lớn công suất sóng phản xạ được khởi động. Sự điều khiển giảm và chế độ chặn mô tả trên đây sẽ vận hành độc lập với nhau.

Tiếp theo, sự điều khiển giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ được mô tả dưới đây có dựa vào các hình vẽ từ Fig.10 tới Fig.13. Fig.10 thể hiện hệ thống vòng điều khiển giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ.

Khi trở kháng của tải không phù hợp với 50ôm và không đạt được trở kháng phù hợp, công suất sóng phản xạ được tạo ra. Nếu đầu ra (ví dụ, đầu ra trễ cấp một) thu được được bằng cách loại bỏ sự biến thiên đột ngột trong công suất sóng phản xạ ra khỏi giá trị phản hồi công suất sóng phản xạ PR, vốn thu được được bằng cách dò được công suất sóng phản xạ, vượt quá giá trị giới hạn lớn nhất công suất sóng phản xạ 32, hệ thống vòng làm giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ 30 được thể hiện trên Fig.10 (được biểu thị bởi các mũi tên đậm) thực hiện sự điều khiển giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ.

Bằng cách điều khiển bộ chuyển đổi DC/DC 12 sao cho đầu ra của cụm loại bỏ sự biến thiên đột ngột 31 không vượt quá giá trị giới hạn lớn nhất công suất sóng phản xạ 32, độ lớn của điện áp đầu ra RF được giới hạn ở giá trị định trước hoặc thấp hơn. Sự điều khiển giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ này sẽ bảo vệ không cho thiết bị khuếch đại công suất RF quá tải hoặc điện áp tăng vọt khi công suất sóng phản xạ được tạo ra, và ngăn không cho thiết bị khuếch đại công suất RF bị hư hỏng.

Khi công suất sóng phản xạ được giảm và đầu ra của cụm loại bỏ sự biến thiên đột ngột 31 giảm xuống dưới giá trị giới hạn lớn nhất công suất sóng phản xạ 32, sự điều khiển lại phản hồi tới điều khiển công suất sóng tới.

Trong lưu đồ thể hiện trên Fig.11, bộ cảm biến RF 16 sẽ dò công suất sóng phản xạ (bước S11) và gửi công suất sóng phản xạ dò được tới cụm loại bỏ sự biến thiên đột ngột 31 để nhận được đầu ra (ví dụ, đầu ra trễ cấp một) mà sự biến thiên đột ngột được loại bỏ ra từ đó (bước S12). Nếu đầu ra (ví dụ, đầu ra trễ cấp một), mà sự biến thiên đột ngột trong công suất sóng phản xạ được loại bỏ ra từ đó, vượt quá giá trị giới hạn lớn nhất công suất sóng phản xạ 32 là mức dò được của giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ (bước S13), sự chênh lệch giữa đầu ra (ví dụ, đầu ra trễ cấp một), mà biến thiên đột ngột trong công suất sóng phản xạ được loại bỏ ra từ đó, và giá trị giới hạn lớn nhất công suất sóng phản xạ 32 được tính toán (bước S14) và, dựa trên sự chênh lệch này, giá trị điều khiển được tính toán (bước S15). Dựa trên giá trị điều khiển, mạch tạo tín hiệu PWM 24 tạo ra tín hiệu PWM (bước S17). Sự chênh lệch và giá trị điều khiển có thể được tạo ra bởi bộ khuếch đại sai số công suất giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ 34.

Mặt khác, nếu đầu ra (ví dụ, đầu ra trễ cấp một), mà sự biến thiên đột ngột trong công suất sóng phản xạ được loại bỏ từ đó, không vượt quá giá trị giới hạn lớn nhất công suất sóng phản xạ 32 (bước S13), mạch tạo tín hiệu PWM 24 tạo ra tín hiệu PWM (bước S17) dựa trên độ rộng xung thiết lập định trước (bước S16). Bộ chuyển đổi DC/DC 12 được kích hoạt bởi tín hiệu PWM phát ra để điều khiển giá trị điện áp ra (bước S18).

Fig.12 là đồ thị thể hiện sự điều khiển công suất sóng tới và sự điều khiển giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ. Trục nằm ngang trên Fig.12 biểu thị thời gian, và trục thẳng đứng biểu thị công suất sóng phản xạ.

Trong sự điều khiển công suất sóng tới, bộ chuyển đổi DC/DC được kích hoạt bởi tín hiệu PWM với độ rộng xung

định trước. Sự kích hoạt này làm tăng công suất sóng tới (không được thể hiện trên hình vẽ) và, đồng thời, làm tăng công suất sóng phản xạ. Khi giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ đạt tới giá trị giới hạn lớn nhất công suất sóng phản xạ, sự điều khiển giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ được bắt đầu. Sự điều khiển giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ giảm độ rộng xung của tín hiệu PWM sao cho giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ không vượt quá giá trị giới hạn lớn nhất công suất sóng phản xạ.

Fig.13 thể hiện dưới dạng đồ thị sự điều khiển giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ khi plasma được đốt thành công và khi việc đốt plasma bị lỗi. Các dạng sóng thể hiện trên Fig.13 không phải là các dạng sóng thực tế mà được đơn giản hóa cho mục đích mô tả. Fig.13A thể hiện giá trị phản hồi công suất sóng tới. Trên Fig.13B và 13E, đường liền đậm biểu thị giá trị phản hồi công suất sóng phản xạ PR, đường liền mảnh biểu thị đầu ra trễ cấp một của giá trị phản hồi công suất sóng phản xạ, và đường nét đứt biểu thị mức dò giảm giá trị lớn nhất.

Các hình vẽ từ Fig.13A tới Fig.13D thể hiện dạng sóng khi việc đốt thành công, và các hình vẽ từ Fig.13E tới Fig.13G thể hiện dạng sóng khi việc đốt bị lỗi.

Khi việc đốt thành công, công suất sóng phản xạ tăng tại thời điểm tăng plasma T1 và tại thời điểm giảm plasma T2. Tại thời điểm này, nếu sự điều khiển giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ được thực hiện dựa trên giá trị phản hồi công suất sóng phản xạ PR (được biểu thị bởi đường liền đậm), xác định không chính xác rằng trạng thái bất thường được sinh ra ngay cả khi chế độ đốt bình thường được thực hiện. Điều này làm giảm độ lớn của công suất sóng tới, gây khó khăn cho việc duy trì plasma.

Mặt khác, đầu ra được tạo ra bằng cách loại bỏ sự biến

thiên đột ngột ra khỏi giá trị phản hồi công suất sóng phản xạ (ví dụ, đầu ra trễ cấp một) (được biểu thị bởi đường liền mảnh) không đạt tới mức dò giảm giá trị lớn nhất và, nhờ đó, sự điều khiển giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ không được thực hiện. Trong trường hợp này, tín hiệu PWM không được thay đổi (xem Fig.13D) và sự điều khiển công suất sóng tới được duy trì.

Khi việc đốt bị lỗi, đầu ra được tạo ra bằng cách loại bỏ sự biến thiên đột ngột ra khỏi giá trị phản hồi công suất sóng phản xạ (ví dụ, đầu ra trễ cấp một) (được biểu thị bởi đường liền mảnh) đạt tới mức dò giảm giá trị lớn nhất tại thời điểm T3, nằm sau thời điểm T1, tại thời điểm lỗi đốt và sự điều khiển giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ được bắt đầu. Độ rộng xung của tín hiệu PWM được tạo ra (xem Fig.13G) dựa trên sự chênh lệch giữa (xem Fig.13F) đầu ra trễ cấp một của công suất sóng phản xạ và mức dò giảm giá trị lớn nhất, và đỉnh điện áp công suất sóng phản xạ được giảm.

Khi đầu ra mà sự biến thiên đột ngột trong công suất sóng phản xạ được loại bỏ ra từ đó (ví dụ, đầu ra trễ cấp một) được giảm và hạ xuống dưới mức dò giảm giá trị lớn nhất, sự điều khiển giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ được chấm dứt và chế độ quay trở lại từ điều khiển giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ tới điều khiển công suất sóng tới.

Tiếp theo, sự điều khiển chặn hồ quang được mô tả có dựa vào các hình vẽ từ Fig.14 tới Fig.16. Fig.14 thể hiện hệ thống vòng điều khiển chặn hồ quang.

Khi công suất sóng phản xạ tăng do việc đốt tải plasma bị lỗi và giá trị phản hồi công suất sóng phản xạ PR vượt quá mức chặn hồ quang, hệ thống chặn hồ quang 40 thể hiện trên Fig.14 (được biểu thị bởi các mũi tên đậm trên Fig.14) thực hiện chế độ chặn hồ quang.

Khi giá trị lớn nhất, mà sự biến thiên đột ngột được loại bỏ ra khỏi đó bởi cụm loại bỏ sự biến thiên đột ngột 31, đạt tới giá trị giới hạn hồ quang 41, bộ tạo tín hiệu đóng cực cổng 43 gửi tín hiệu chặn để dừng vận hành của bộ khuếch đại RF 13 nhằm chặn hồ quang.

Độ rộng xung của điện áp đầu ra RF trong quá trình điều khiển chặn hồ quang sẽ ngắn hơn nhiều so với độ rộng xung chọn trước được sử dụng theo hệ số tải trong quá trình điều khiển xung bình thường và, nhờ đó, thiết bị khuếch đại công suất RF không bị hư hỏng.

Khi việc đốt bị lỗi, công suất cao áp được cấp ngay trước khi chặn hồ quang và, trong thời điểm này, cao áp được cấp tới tải. Nhờ đó, việc bảo vệ và việc đốt lại có thể được hoàn thành đồng thời. Khi việc đốt thành công, công suất sóng phản xạ tại thời điểm tăng xung bình thường có thể được giảm bằng cách loại bỏ sự biến thiên đột ngột. Nhờ đó, việc dò việc xác định đốt không chính xác có thể được ngăn ngừa và sự điều khiển xung có thể được tiếp tục mà không ngắt.

Trong lưu đồ trên Fig.15, bộ cảm biến RF 16 dò công suất sóng phản xạ (bước S21) và gửi công suất sóng phản xạ dò được tới cụm loại bỏ sự biến thiên đột ngột 31 để loại bỏ sự biến thiên đột ngột. Trong phần mô tả dưới đây, một ví dụ được mô tả trong đó cụm loại bỏ sự biến thiên đột ngột xuất ra độ trễ cấp một.

Sự biến thiên đột ngột được loại bỏ bằng cách tạo đầu ra trễ cấp một của công suất sóng phản xạ (bước S22). Nếu đầu ra trễ cấp một thu được vượt quá giá trị giới hạn hồ quang 41 vốn là mức dò chặn hồ quang (bước S23), tín hiệu đóng cực cổng được tạo ra (bước S24).

Đáp ứng với tín hiệu đóng cực cổng, bộ tạo tín hiệu cực cổng 18 chặn đầu ra của tín hiệu cực cổng RF (bước S25) để chặn đầu ra của bộ khuếch đại RF (bước S26).

Mặt khác, nếu đầu ra trễ cấp một không vượt quá giá trị giới hạn hồ quang 41 (bước S23), bộ tạo tín hiệu cực công 18 tạo ra tín hiệu cực công RF dựa trên hệ số tải định trước của tín hiệu điều khiển xung để duy trì đầu ra của bộ khuếch đại RF hoặc, nếu đầu ra của bộ khuếch đại RF được dừng, để khởi động lại đầu ra (bước S27).

Khi việc đốt bị lỗi, chức năng đốt lại có thể được sử dụng để thực hiện sự điều khiển đốt lại. Điều khiển đốt lại sẽ cố gắng đốt sau khi thời điểm dừng định trước từ thời điểm mà việc đốt được xác định là bị lỗi. Chức năng đốt lại này cho phép người điều khiển định rõ số lần đốt lại để lập lại sự điều khiển đốt hoặc khuôn khổ thời gian của thời gian dừng. Người điều khiển cũng có thể định rõ rằng, nếu việc đốt không thành công với số lần đốt lại đã chỉ rõ, sự điều khiển đốt lại được dừng hoặc sự điều khiển đốt lại được dừng một lần và sau đó được khởi động lại sau thời điểm định trước.

Fig.16 thể hiện dạng đồ thị sự điều khiển chặn hồ quang khi plasma được đốt thành công và khi việc đốt plasma bị lỗi. Các dạng sóng thể hiện trên Fig.16 không phải là các dạng sóng thực tế mà được đơn giản cho mục đích mô tả. Fig.16A và Fig.16D thể hiện các giá trị phản hồi công suất sóng tới. Trên Fig.16B và Fig.16E, đường liền đậm biểu thị giá trị phản hồi công suất sóng phản xạ PR, đường liền mảnh biểu thị đầu ra trễ cấp một của giá trị phản hồi công suất sóng phản xạ, và đường nét đứt biểu thị giá trị giới hạn hồ quang.

Các hình vẽ từ Fig.16A tới Fig.16C thể hiện dạng sóng khi việc đốt thành công, và các hình vẽ từ Fig.16D tới Fig.16F thể hiện dạng sóng khi việc đốt bị lỗi.

Khi việc đốt thành công, công suất sóng phản xạ tăng tại thời điểm tăng plasma t1 và tại thời điểm giảm plasma t2 (xem Fig.16B). Tại thời điểm này, nếu chế độ chặn hồ quang được thực hiện dựa trên giá trị phản hồi công suất sóng phản

xạ PR (được biểu thị bởi đường liền đậm), sự điều khiển đã xác định không chính xác rằng trạng thái bất thường, như phát hồ quang, được tạo ra ngay cả khi chế độ đốt bình thường được thực hiện, và plasma bị dập bởi điều khiển chặn hồ quang.

Mặt khác, đầu ra được tạo bằng cách loại bỏ sự biến thiên đột ngột ra khỏi giá trị phản hồi công suất sóng phản xạ (đầu ra trễ cấp một (được biểu thị bởi đường liền mảnh)) không đạt tới giá trị giới hạn hồ quang vốn là mức chặn hồ quang và, do đó, chế độ chặn hồ quang không được thực hiện. Trong trường hợp này, tín hiệu đóng cực công không được xuất ra (xem Fig. 16C) và sự điều khiển công suất sóng tới được duy trì.

Khi việc đốt bị lỗi, đầu ra được tạo bằng cách loại bỏ sự biến thiên đột ngột ra khỏi giá trị phản hồi công suất sóng phản xạ (đầu ra trễ cấp một (được biểu thị bởi đường liền mảnh)) đạt tới giá trị giới hạn hồ quang, vốn là mức dò chặn hồ quang, tại thời điểm t_3 , nằm sau thời điểm t_1 , tại thời điểm mà việc đốt bị lỗi (xem Fig.16E). Tín hiệu đóng cực công được tạo ra (xem Fig.16F) và chế độ chặn hồ quang được khởi động.

Khi chế độ chặn hồ quang được khởi động và hồ quang được dập, giá trị phản hồi công suất sóng tới PF và giá trị phản hồi công suất sóng phản xạ PR được giảm (xem Fig.16D và Fig.16E) và đầu ra trễ cấp một của công suất sóng phản xạ giảm dần theo hằng số thời gian của mạch trễ cấp một (xem Fig.16E).

Tiếp theo, sự điều khiển giảm độ lớn công suất sóng phản xạ được mô tả có dựa vào các hình vẽ từ Fig.17 tới Fig.20. Fig.17 thể hiện dạng sơ đồ hoạt động giảm độ lớn công suất sóng phản xạ.

Khi trở kháng của tải không phù hợp với 50 Ω và không đạt được sự phù hợp trở kháng, công suất sóng phản xạ được tạo ra. Nếu giá trị san phẳng công suất sóng phản xạ dò

được bằng cách san phẳng giá trị phản hồi công suất sóng phản xạ PR, nhận được bằng cách dò công suất sóng phản xạ, vượt quá giá trị giới hạn san phẳng công suất sóng phản xạ 52, hệ thống vòng làm giảm độ lớn công suất sóng phản xạ 50 (được biểu thị bởi các mũi tên đậm) thể hiện trên Fig.17 thực hiện sự điều khiển giảm độ lớn công suất sóng phản xạ. Giá trị san phẳng công suất sóng phản xạ là giá trị trung bình hoặc giá trị hiệu dụng của công suất sóng phản xạ.

Sự điều khiển giảm công suất sóng phản xạ, được thực hiện dưới sự điều khiển giảm độ lớn công suất sóng phản xạ, điều khiển hệ số tải của tín hiệu điều khiển xung sao cho đầu ra của cụm san phẳng công suất 51 không vượt quá giá trị giới hạn san phẳng công suất sóng phản xạ 52. Việc giới hạn độ rộng của trạng thái mở của tín hiệu cực cổng RF theo cách này sẽ ngăn không cho độ lớn công suất của điện áp đầu ra RF vượt quá giá trị định trước. Bằng cách giảm hệ số tải của tín hiệu điều khiển xung, sự điều khiển giảm độ lớn công suất sóng phản xạ làm giảm công suất xuất ra mà không giảm độ lớn của điện áp ra RF và giảm tổn thất nhiệt trong thiết bị khuếch đại công suất RF, nhờ đó ngăn ngừa được sự hư hỏng.

Khi công suất sóng phản xạ được giảm bởi sự điều khiển giảm độ lớn công suất sóng phản xạ và đầu ra của cụm san phẳng công suất 51 trở nên nhỏ hơn giá trị giới hạn san phẳng công suất sóng phản xạ 52, sự điều khiển này trở lại điều khiển công suất sóng tới.

Trong lưu đồ thể hiện trên Fig.18, bộ cảm biến RF 16 dò công suất sóng phản xạ (bước S31) và gửi công suất sóng phản xạ dò được tới cụm san phẳng công suất 51 để tính toán giá trị san phẳng công suất sóng phản xạ (bước S32). Nếu giá trị san phẳng công suất sóng phản xạ vượt quá giá trị giới hạn san phẳng công suất sóng phản xạ 52 vốn là mức dò công suất sóng phản xạ (bước S33), sự chênh lệch giữa giá trị san phẳng

công suất sóng phản xạ và giá trị giới hạn san phẳng công suất sóng phản xạ 52 được tính toán (bước S34). Giá trị điều khiển được tính toán dựa trên sự chênh lệch này (bước S35), và hệ số tải của tín hiệu điều khiển xung tương ứng với giá trị điều khiển được tính toán thông qua sự chuyển đổi hệ số tải. Để thực hiện chuyển đổi hệ số tải, mối liên hệ giữa giá trị điều khiển và hệ số tải tương ứng với giá trị điều khiển này được định trước và, dựa trên sự tương ứng này, hệ số tải được tính toán từ giá trị điều khiển này.

Dựa trên hệ số tải được tính toán, bộ tạo tín hiệu giảm hệ số tải 54 tạo ra tín hiệu giảm hệ số tải. Bộ tạo tín hiệu cực công 18 tạo ra tín hiệu cực công RF, mà trạng thái mở của nó được giảm, dựa trên tín hiệu giảm hệ số tải. Tín hiệu giảm hệ số tải là tín hiệu điều khiển xung xác định hệ số tải giữa trạng thái mở và trạng thái đóng của tín hiệu cực công RF. Việc giảm trạng thái mở sẽ làm giảm độ lớn công suất của công suất sóng tới và, nhờ đó, giảm độ lớn công suất của công suất sóng phản xạ (bước S38).

Mặt khác, nếu giá trị san phẳng công suất sóng phản xạ không vượt quá giá trị giới hạn san phẳng công suất sóng phản xạ 52 (bước S33), bộ tạo tín hiệu giảm hệ số tải 54 không tạo ra tín hiệu giảm hệ số tải. Bộ tạo tín hiệu cực công 18 phát ra tín hiệu điều khiển xung (bước S38) dựa trên hệ số tải thiết lập định trước (bước S37), tạo ra tín hiệu cực công RF dựa trên tín hiệu điều khiển xung (bước S39), và kích hoạt bộ khuếch đại RF 13 nhờ tín hiệu cực công RF đã tạo để điều khiển công suất xuất ra (bước S40).

Fig.19 là đồ thị thể hiện sự điều khiển công suất sóng tới và sự điều khiển giảm độ lớn công suất sóng phản xạ. Đường nằm ngang trên Fig.19 biểu thị thời gian, và đường thẳng đứng biểu thị công suất (xem Fig.19A) và điện áp tải (xem Fig.19B).

Trong quá trình điều khiển công suất sóng tới, bộ khuếch đại RF 13 được kích hoạt bởi tín hiệu cực cổng RF vốn có trạng thái mở và trạng thái đóng của hệ số tải định trước. Sự kích hoạt này tăng công suất của công suất sóng tới (không được thể hiện trên đồ thị) và, đồng thời, làm tăng độ lớn công suất của công suất sóng phản xạ. Khi giá trị san phẳng công suất sóng phản xạ (giá trị trung bình hoặc giá trị hiệu dụng), dò được bằng cách san phẳng công suất sóng phản xạ, đạt tới giá trị giới hạn san phẳng công suất sóng phản xạ, sự điều khiển giảm độ lớn công suất sóng phản xạ được bắt đầu.

Sự điều khiển giảm độ lớn công suất sóng phản xạ giảm hệ số tải của tín hiệu điều khiển xung để thu hẹp chiều rộng của trạng thái mở mà trong quá trình đó tín hiệu cực cổng RF được xuất ra. Bằng cách đó, sự điều khiển giảm độ lớn công suất sóng phản xạ điều khiển độ lớn công suất của công suất sóng phản xạ sao cho công suất sóng phản xạ không vượt quá giá trị giới hạn san phẳng công suất sóng phản xạ.

Fig.19A thể hiện một ví dụ trong đó giá trị trung bình được sử dụng như giá trị san phẳng. Thông qua sự điều khiển giảm giá trị trung bình công suất sóng phản xạ, giới hạn trên của giá trị trung bình công suất sóng phản xạ có thể được điều khiển sao cho không vượt quá giá trị giới hạn trung bình của công suất sóng phản xạ.

Fig.19B, thể hiện điện áp tải, biểu thị rằng điện áp được cấp tới tải trong quá trình điều khiển giảm giá trị trung bình công suất sóng phản xạ được giữ không đổi. Nguồn cấp được giảm bằng cách giảm số lượng các chu kỳ của điện áp RF được cấp trong một chu kỳ điều khiển xung.

Fig.20 thể hiện đồ thị điều khiển giảm độ lớn công suất sóng phản xạ. Các dạng sóng được thể hiện trên Fig.20 không phải là các dạng sóng thật mà được đơn giản hóa cho mục đích mô tả.

Các hình vẽ từ Fig.20A tới Fig.20C thể hiện trường hợp trong đó giá trị san phẳng công suất sóng phản xạ vượt quá giá trị giới hạn san phẳng phản xạ, và các hình vẽ từ Fig.20D tới Fig.20F thể hiện trạng thái sau điều khiển giảm độ lớn công suất sóng phản xạ. Fig.20A thể hiện công suất sóng phản xạ và Fig.20D thể hiện giá trị san phẳng công suất sóng phản xạ. Fig.20D, Fig.20E thể hiện tín hiệu điều khiển xung, và Fig.20C, Fig.20F thể hiện tín hiệu cực cổng RF. Tín hiệu điều khiển xung trên các hình vẽ biểu thị trạng thái mở, trong đó tín hiệu cực cổng được xuất ra, và trạng thái đóng trong đó tín hiệu cực cổng không được xuất ra. Các dạng sóng tín hiệu không phải là dạng trong thực tế mà được đơn giản hóa cho mục đích mô tả.

Khi tín hiệu RF (xem Fig.20C) được phát ra dựa trên tín hiệu điều khiển xung (xem Fig.20B) xác định bởi hệ số tải đặt trước và giá trị trung bình giá trị san phẳng hoặc giá trị san phẳng của công suất sóng phản xạ vượt quá giá trị giới hạn san phẳng (xem Fig.20A) trên các hình vẽ từ Fig.20A tới Fig.20C, hệ số tải của tín hiệu điều khiển xung được giảm và độ lớn công suất sóng phản xạ được hạ.

Các hình vẽ từ Fig.20D tới Fig.20F thể hiện trạng thái sau điều khiển giảm độ lớn công suất sóng phản xạ. Nguồn đầu ra được điều khiển bằng cách giảm hệ số tải của tín hiệu điều khiển xung, và tín hiệu điều khiển xung (xem Fig.20E) được xác định bởi hệ số tải được xuất ra. Tín hiệu RF được tạo ra dựa trên tín hiệu điều khiển xung (xem Fig.20F) và độ lớn công suất sóng phản xạ được hạ.

Dưới đây thể hiện bảng chỉ thị mối quan hệ giữa sự điều khiển giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ, sự điều khiển chặn hồ quang, và sự điều khiển giảm độ lớn công suất sóng phản xạ vốn bao gồm trong sự điều khiển công suất sóng phản xạ theo sáng chế.

[Bảng 1]

Điều khiển	Sự điều khiển giảm độ lớn công suất sóng phản xạ	Sự điều khiển giảm giá trị lớn nhất sóng phản xạ	Sự điều khiển chặn hồ quang
Mức dò được	Thấp	Trung bình	Cao
Giá trị điều khiển	Giá trị san phẳng của công suất sóng phản xạ (giá trị trung bình, giá trị hiệu dụng)	Tín hiệu phát ra bằng cách loại bỏ sự biến thiên đột ngột khỏi công suất sóng phản xạ (trễ cấp một)	Tín hiệu phát ra bằng cách loại bỏ sự biến thiên đột ngột khỏi công suất sóng phản xạ (trễ cấp một)
Mục tiêu điều khiển	Điện áp đầu ra RF Giá trị công suất san phẳng của công suất sóng phản xạ	Điện áp đầu ra RF Giá trị đỉnh của công suất sóng phản xạ	điện áp đầu ra RF Giá trị đỉnh của công suất sóng phản xạ
Bộ mục tiêu điều khiển	Bộ khuếch đại công suất RF	Bộ chuyển đổi DC/DC (bộ biến đổi điện áp)	Cụm khuếch đại công suất RF
Lượng điều khiển	Hệ số tải giữa trạng thái mở và trạng thái đóng của tín hiệu cực cổng, Tín hiệu điều khiển xung của cụm khuếch đại lớp D	Tín hiệu PWM của bộ chuyển đổi DC/DC	Tín hiệu cực cổng của cụm khuếch đại lớp D
Mục đích	· Ngăn ngừa	· Ngăn ngừa	· Bảo vệ máy

	sự hư hại nhiệt đối với thiết bị khuếch đại công suất RF · Duy trì biên độ điện áp đốt	hư hỏng đối với thiết bị khuếch đại công suất RF do điện áp xung	phát RF
--	---	---	---------

Phần mô tả các phương án thực hiện và các biến thể mô tả trên đây là một ví dụ về thiết bị cấp công suất RF và phương pháp điều khiển công suất sóng phản xạ theo sáng chế. Cần hiểu rằng sáng chế không bị giới hạn ở các phương án thực hiện nêu trên và có thể được thay đổi theo nhiều cách khác nhau dựa trên ý đồ theo sáng chế và các biến thể đó đều được bao gồm trong phạm vi của theo sáng chế.

Thiết bị cấp công suất RF và phương pháp điều khiển công suất sóng phản xạ theo sáng chế có thể áp dụng được với bộ nguồn sẽ cấp công suất cho thiết bị tạo plasma.

Yêu cầu bảo hộ

1. Thiết bị cấp công suất RF (1) (radio frequency-cao tần) sẽ cấp công suất RF tới tải plasma (103), thiết bị cấp công suất RF (1) này bao gồm:

cụm máy phát RF (10) sẽ biến đổi dòng một chiều của bộ nguồn một chiều thành dòng xoay chiều RF thông qua hoạt động chuyển mạch và xuất ra công suất RF; và

hệ thống phản hồi (100) sẽ phản hồi giá trị dò được của đầu ra RF của cụm máy phát RF (10) để thực hiện sự điều khiển phản hồi, trong đó:

hệ thống phản hồi (100) bao gồm:

hệ thống vòng điều khiển công suất sóng tới (20) sẽ phản hồi giá trị dò được của công suất sóng tới, được gửi từ cụm máy phát RF (10) tới tải plasma (103), để điều khiển công suất sóng tới;

khác biệt ở chỗ:

mỗi một trong số các hệ thống vòng điều khiển công suất sóng phản xạ (30, 40, 50) phản hồi lại giá trị dò được của công suất sóng phản xạ, được gửi từ tải plasma (103) tới cụm máy phát RF (10), để điều khiển công suất sóng phản xạ,

các hệ thống vòng điều khiển công suất sóng phản xạ bao gồm:

hệ thống vòng làm giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ (30) sử dụng để điều khiển điện áp DC của nguồn cấp DC của cụm máy phát RF (10) dựa trên giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ để điều khiển xem có giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ hay không; và

hệ thống chặn hồ quang (40) sử dụng để điều khiển sự thay đổi giá trị lớn nhất trong công suất sóng phản xạ để điều khiển, dựa trên giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ, xem có cấp công suất tới tải plasma (103) hay không và nhờ đó

điều khiển việc chặn hồ quang ở tải plasma (103); và

hệ thống vòng làm giảm độ lớn công suất sóng phản xạ (50), sử dụng để điều khiển hệ số tải giữa trạng thái BẬT và trạng thái TẮT của bộ khuếch đại RF của cụm máy phát RF (10), dựa trên độ lớn công suất san phẳng của công suất sóng phản xạ, để điều khiển lượng cấp công suất tới tải plasma và nhờ đó điều khiển lượng giảm công suất của công suất sóng phản xạ;

trong đó ít nhất một trong số hệ thống vòng làm giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ (30) và hệ thống chặn hồ quang (40) bao gồm cụm loại bỏ sự biến thiên đột ngột (31) mà loại bỏ sự biến thiên đột ngột khỏi giá trị dò của công suất sóng phản xạ, và phản hồi tín hiệu tương ứng với giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ không sinh ra bởi sự biến thiên đột ngột.

2. Thiết bị cấp công suất RF (1) theo điểm 1, trong đó:

hệ thống vòng làm giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ (30) bao gồm giá trị giới hạn lớn nhất công suất sóng phản xạ như một ngưỡng để xác định xem liệu có thực hiện sự điều khiển giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ hay không, và

sự chênh lệch giữa giá trị dò được của công suất sóng phản xạ và giá trị giới hạn lớn nhất công suất sóng phản xạ được phản hồi tới hệ thống vòng điều khiển công suất sóng tới (20) để điều khiển độ rộng xung của tín hiệu PWM, tín hiệu PWM sẽ kích bộ chuyển đổi DC/DC lắp trong cụm máy phát RF (10), để điều khiển điện áp một chiều của bộ nguồn một chiều.

3. Thiết bị cấp công suất RF (1) theo điểm 1 hoặc 2, trong đó:

hệ thống chặn hồ quang (40) bao gồm các giá trị giới

hạn hồ quang như giá trị ngưỡng để xác định liệu có xuất ra công suất RF hay không, và

tín hiệu cực công RF được điều khiển dựa trên sự so sánh giữa giá trị dò được của công suất sóng phản xạ và giá trị giới hạn hồ quang để điều khiển xem liệu có xuất ra công suất RF của bộ khuếch đại RF hay không, tín hiệu cực công RF điều khiển bộ khuếch đại RF lắp trong cụm máy phát RF (10).

4. Thiết bị cấp công suất RF (1) theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 3, trong đó:

hệ thống vòng làm giảm độ lớn công suất sóng phản xạ (50) bao gồm:

cụm san phẳng công suất (51) sẽ cấp ra giá trị trung bình hoặc giá trị hiệu dụng trong số các giá trị dò được của công suất sóng phản xạ; và

giá trị giới hạn trung bình của công suất sóng phản xạ hoặc giá trị giới hạn hiệu dụng của công suất sóng phản xạ như giá trị giới hạn làm giảm công suất sóng phản xạ sẽ xác định xem liệu có giảm độ lớn công suất của công suất RF cũng như độ lớn giảm hay không, trong đó:

dựa trên sự so sánh giữa đầu ra giá trị trung bình của cụm san phẳng công suất (51) và giá trị giới hạn trung bình của công suất sóng phản xạ hoặc sự so sánh giữa đầu ra giá trị hiệu dụng của cụm san phẳng công suất (51) và giá trị giới hạn hiệu dụng của công suất sóng phản xạ, hệ số tải mà là tỷ lệ thời gian giữa trạng thái mở và trạng thái đóng của bộ khuếch đại RF của tín hiệu điều khiển xung được xác định để điều khiển giảm độ lớn công suất của công suất RF của bộ khuếch đại RF, tín hiệu điều khiển xung điều khiển bộ khuếch đại RF bố trí trong cụm máy phát RF (10).

5. Thiết bị cấp công suất RF (1) theo điểm bất kỳ trong số các

điểm từ 1 tới 4, trong đó:

cụm loại bỏ sự biến thiên đột ngột (31) là mạch trễ cấp một sẽ gây ra trễ cấp một trong các giá trị dò được của công suất sóng phản xạ.

6. Phương pháp điều khiển công suất sóng phản xạ cho bộ nguồn RF (1) sẽ cấp công suất RF tới tải plasma, bộ nguồn RF (1) này bao gồm:

nhờ cụm máy phát RF (10) biến đổi dòng một chiều của bộ nguồn một chiều thành dòng xoay chiều RF thông qua hoạt động chuyển mạch và xuất ra công suất RF; và

nhờ hệ thống phản hồi (100) phản hồi giá trị dò được của đầu ra RF của cụm máy phát RF (10) để thực hiện sự điều khiển phản hồi, trong đó:

nhờ hệ thống vòng điều khiển công suất sóng tới (20) chứa trong hệ thống phản hồi (100), giá trị dò được của công suất sóng tới được phản hồi, vốn được gửi từ cụm máy phát RF (10), để điều khiển công suất sóng tới;

khác biệt ở chỗ:

mỗi một trong số các hệ thống vòng điều khiển công suất sóng phản xạ (30, 40, 50) phản hồi giá trị dò được của công suất sóng phản xạ, được gửi từ tải plasma (103) tới cụm máy phát RF (10), để điều khiển công suất sóng phản xạ,

nhờ hệ thống vòng làm giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ (30) bao gồm trong các hệ thống vòng điều khiển công suất sóng phản xạ điều khiển điện áp DC của nguồn cấp DC của cụm máy phát RF (10) dựa trên giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ và, bằng cách điều khiển điện áp của nguồn cấp DC, để điều khiển xem có giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ hay không; và

nhờ hệ thống chặn hồ quang (40) điều khiển sự thay đổi đỉnh trong công suất sóng phản xạ, dựa trên giá trị lớn nhất

của công suất sóng phản xạ, để điều khiển xem có cấp công suất tới tải plasma (103) hay không và nhờ đó điều khiển việc chặn hồ quang ở tải plasma (103); và

nhờ hệ thống vòng làm giảm độ lớn công suất sóng phản xạ (50) điều khiển hệ số tải giữa trạng thái BẬT và trạng thái TẮT của bộ khuếch đại RF của cụm máy phát RF (10), dựa trên độ lớn công suất san phẳng của công suất sóng phản xạ, để điều khiển lượng cấp công suất tới tải plasma (103) và nhờ đó điều khiển việc giảm lượng công suất của công suất sóng phản xạ;

trong đó cụm loại bỏ sự biến thiên đột ngột (31) bao gồm trong ít nhất một trong số hệ thống vòng làm giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ (30) và hệ thống chặn hồ quang (40) loại bỏ sự biến thiên đột ngột khỏi giá trị dò của công suất sóng phản xạ, trong đó:

cụm loại bỏ sự biến thiên đột ngột (31) loại bỏ lượng biến thiên đột ngột, sinh ra bởi sự biến thiên đột ngột, khỏi giá trị dò được của công suất sóng phản xạ và phản hồi tín hiệu tương ứng với giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ không sinh ra bởi sự biến thiên đột ngột.

7. Phương pháp điều khiển công suất sóng phản xạ theo điểm 6, trong đó:

hệ thống vòng làm giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ (30) bao gồm giá trị giới hạn lớn nhất công suất sóng phản xạ như một giá trị ngưỡng để xác định xem liệu có thực hiện điều khiển giảm giá trị lớn nhất của công suất sóng phản xạ hay không, và

sự chênh lệch giữa giá trị dò được của công suất sóng phản xạ và giá trị giới hạn lớn nhất công suất sóng phản xạ được phản hồi tới hệ thống vòng điều khiển công suất sóng tới (20) để điều khiển độ rộng xung của tín hiệu PWM, tín hiệu

PWM sẽ kích hoạt bộ chuyển đổi DC/DC lắp trong cụm máy phát RF (10), để điều khiển điện áp một chiều của bộ nguồn một chiều.

8. Phương pháp điều khiển công suất sóng phản xạ theo điểm 6 hoặc 7, trong đó:

hệ thống chặn hồ quang (40) bao gồm giá trị giới hạn hồ quang như một giá trị ngưỡng để xác định xem liệu có xuất ra công suất RF hay không, và

tín hiệu cực công RF được điều khiển dựa trên sự so sánh giữa giá trị dò được của công suất sóng phản xạ và giá trị giới hạn hồ quang để điều khiển xem liệu có xuất ra công suất RF của bộ khuếch đại RF hay không, tín hiệu cực công RF điều khiển bộ khuếch đại RF được tạo trong cụm máy phát RF (10).

9. Phương pháp điều khiển công suất sóng phản xạ theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 6 tới 8, trong đó:

hệ thống vòng làm giảm độ lớn công suất sóng phản xạ (50) bao gồm:

cụm san phẳng công suất (51) sẽ xuất ra giá trị trung bình hoặc giá trị hiệu dụng của các giá trị dò được của công suất sóng phản xạ; và

giá trị giới hạn trung bình của công suất sóng phản xạ hoặc giá trị giới hạn hiệu dụng của công suất sóng phản xạ như giá trị giới hạn giảm công suất sóng phản xạ sẽ xác định xem liệu có giảm độ lớn công suất của công suất RF cũng như xác định độ lớn giảm hay không, trong đó:

dựa trên sự so sánh giữa đầu ra giá trị trung bình của cụm san phẳng công suất (51) và giá trị giới hạn trung bình của công suất sóng phản xạ hoặc sự so sánh giữa đầu ra giá trị hiệu dụng của cụm san phẳng công suất (51) và giá trị giới hạn hiệu dụng của công suất sóng phản xạ, hệ số tải mà là tỷ lệ thời gian

giữa trạng thái mở và trạng thái đóng của bộ khuếch đại RF của tín hiệu điều khiển xung được xác định để điều khiển giảm độ lớn công suất của công suất RF của bộ khuếch đại RF, tín hiệu điều khiển xung điều khiển bộ khuếch đại RF được tạo trong cụm máy phát RF (10).

10. Phương pháp điều khiển công suất sóng phản xạ theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 6 tới 9, trong đó:

cụm loại bỏ sự biến thiên đột ngột (31) loại bỏ sự biến thiên đột ngột, sinh ra bởi sự biến thiên đột ngột, khỏi giá trị dò được của công suất sóng phản xạ bằng cách gây ra sự trễ cấp một trong giá trị dò được của công suất sóng phản xạ.

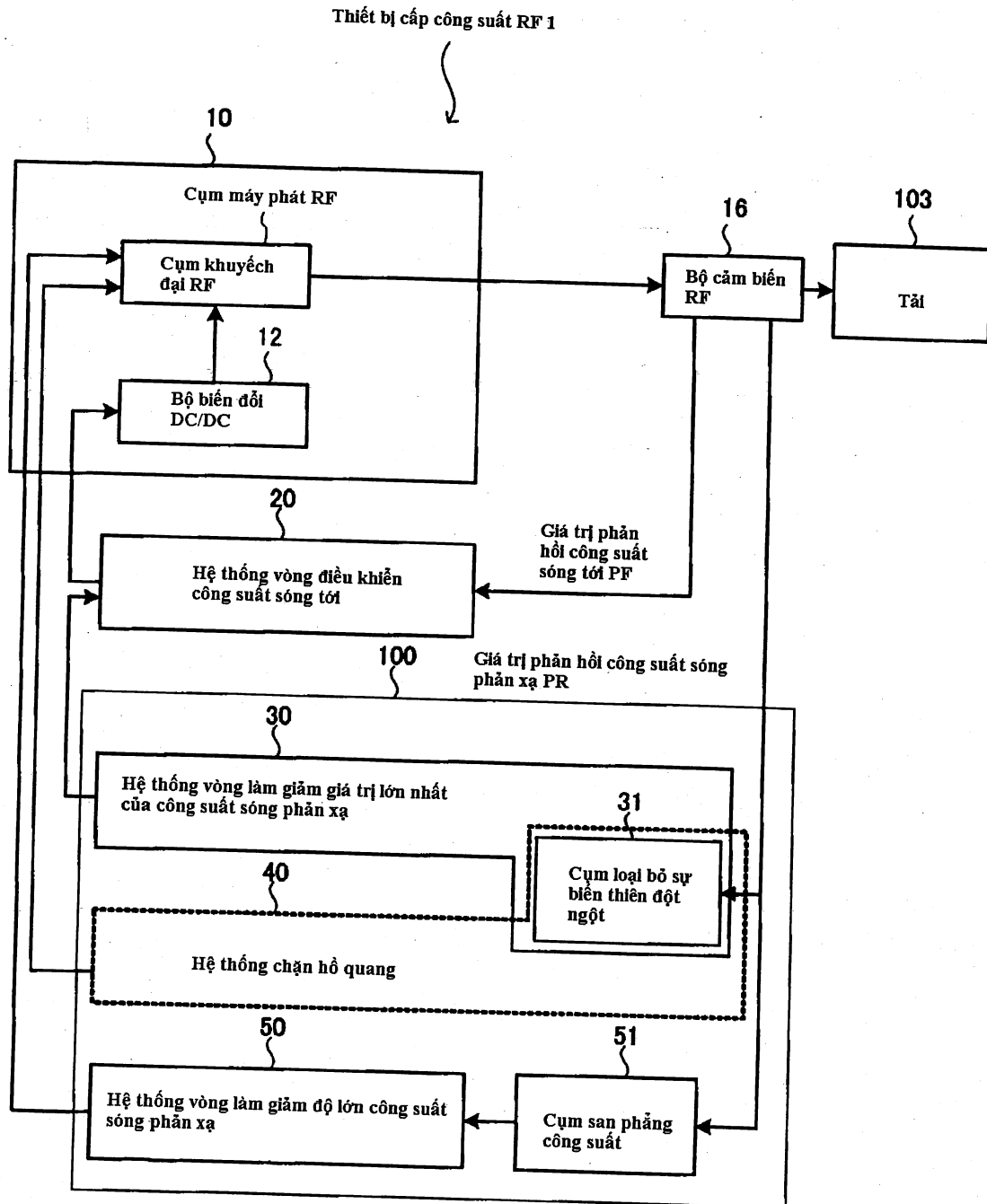


FIG. 1

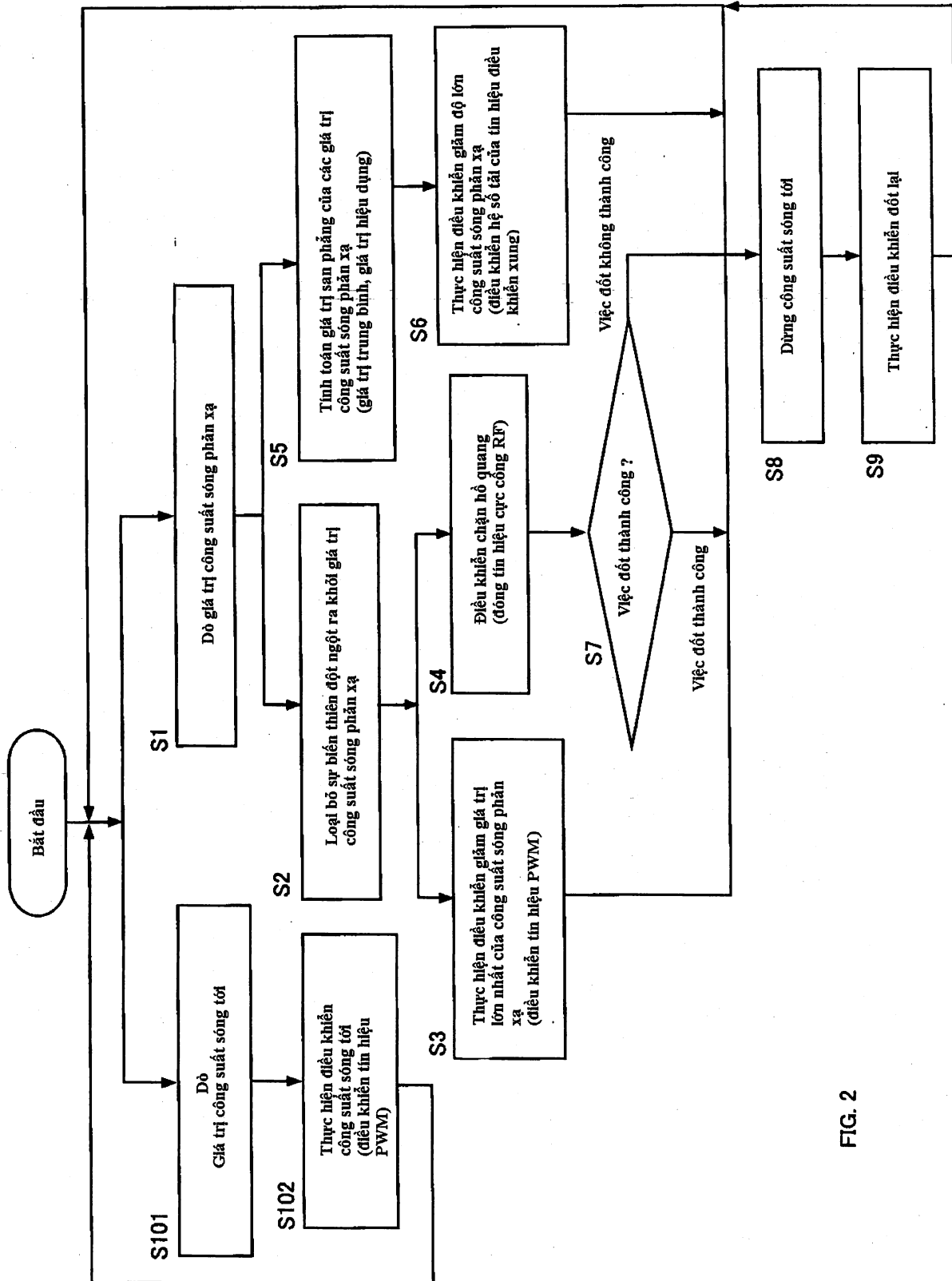


FIG. 2

FIG. 3A

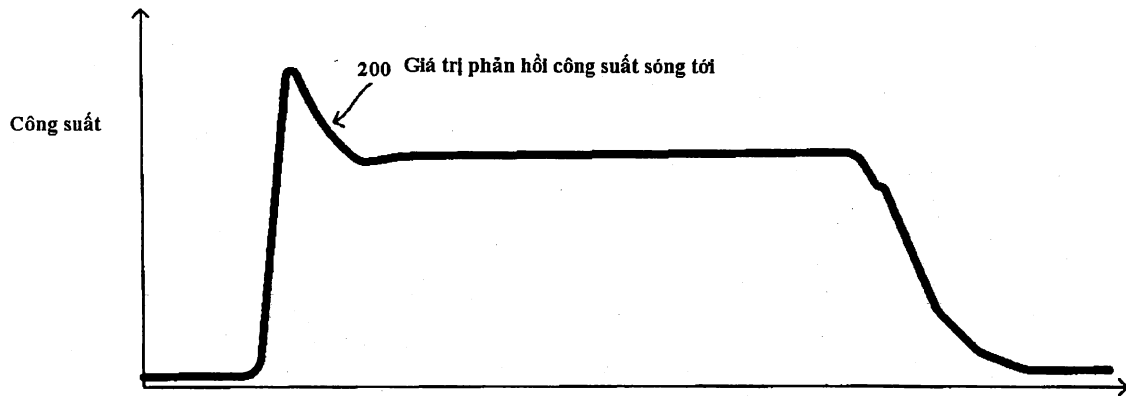
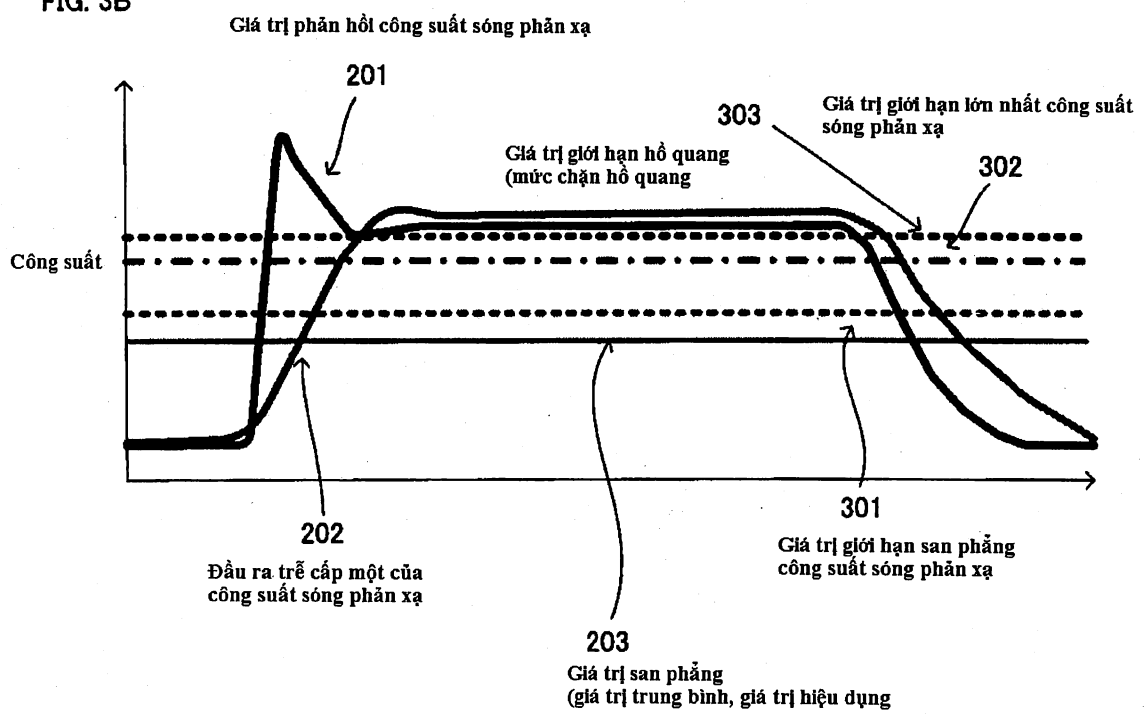


FIG. 3B



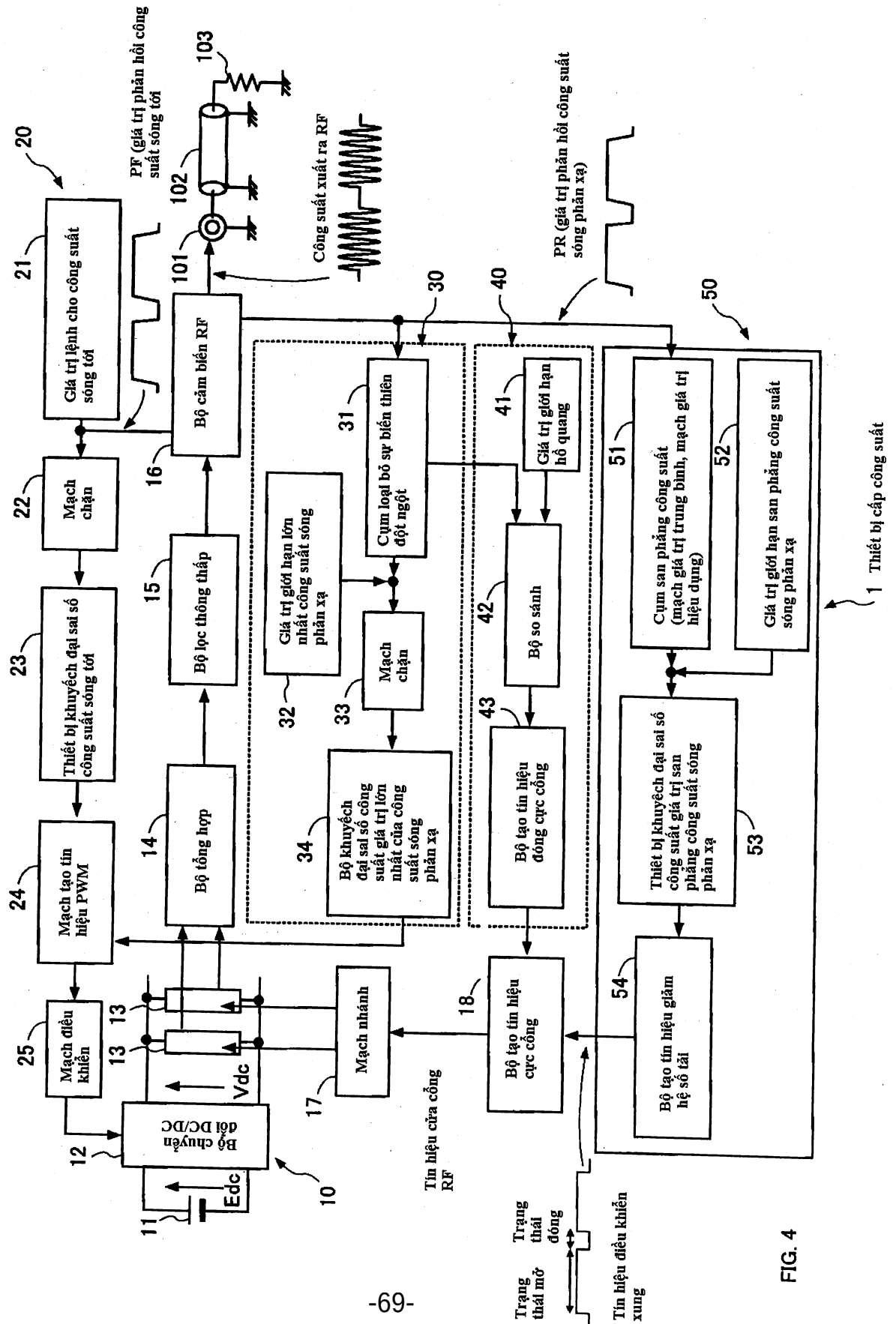


FIG. 4

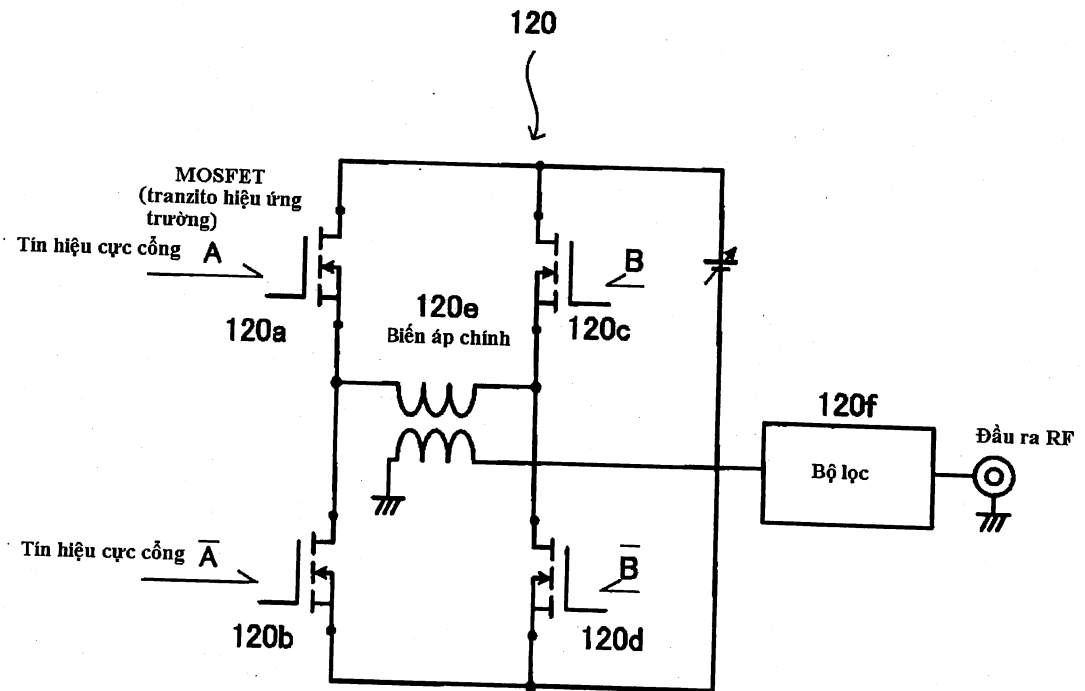


FIG. 5

FIG. 6A

Tín hiệu cực cổng RF $A, \bar{B}$

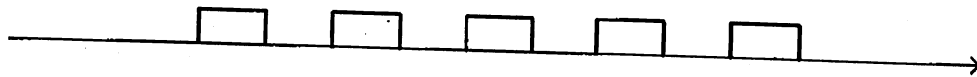


FIG. 6B

Tín hiệu cực cổng RF $\bar{A}, B$

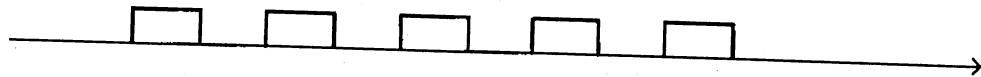


FIG. 6C

Tín hiệu điều khiển xung

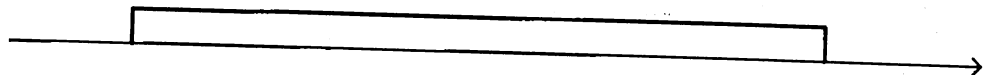


FIG. 6D

Đầu ra RF

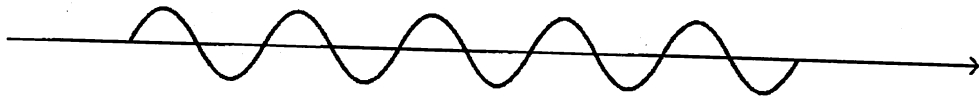


FIG. 6E

Công suất sóng tới

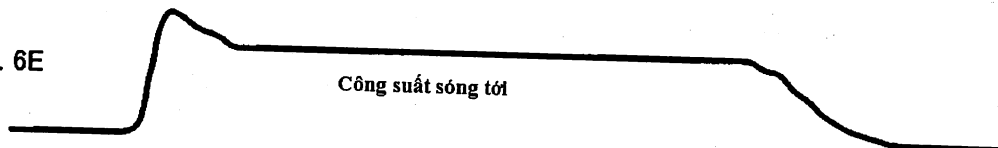


FIG. 6F

Công suất sóng phản xạ

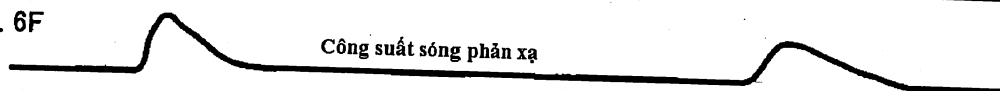


FIG. 7A

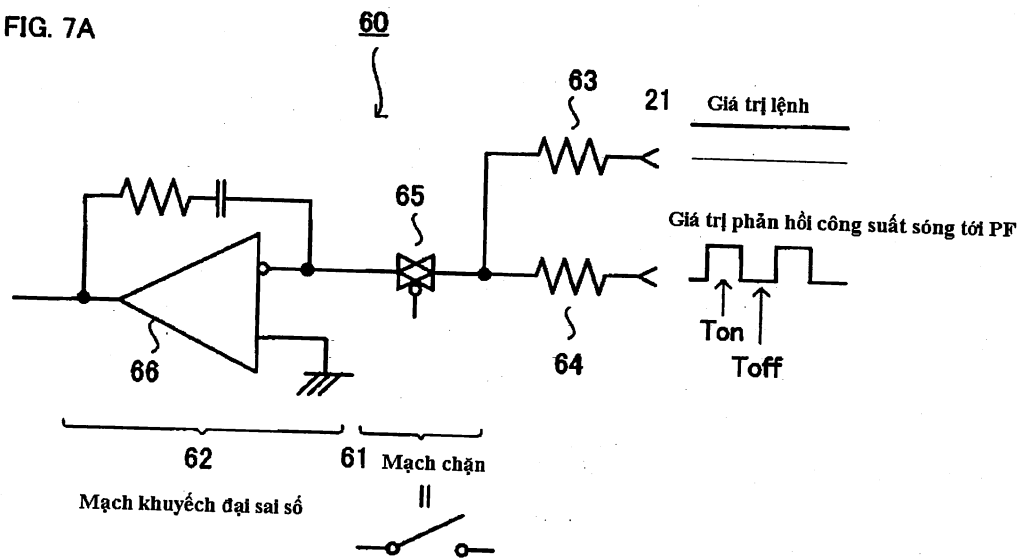


FIG. 7B

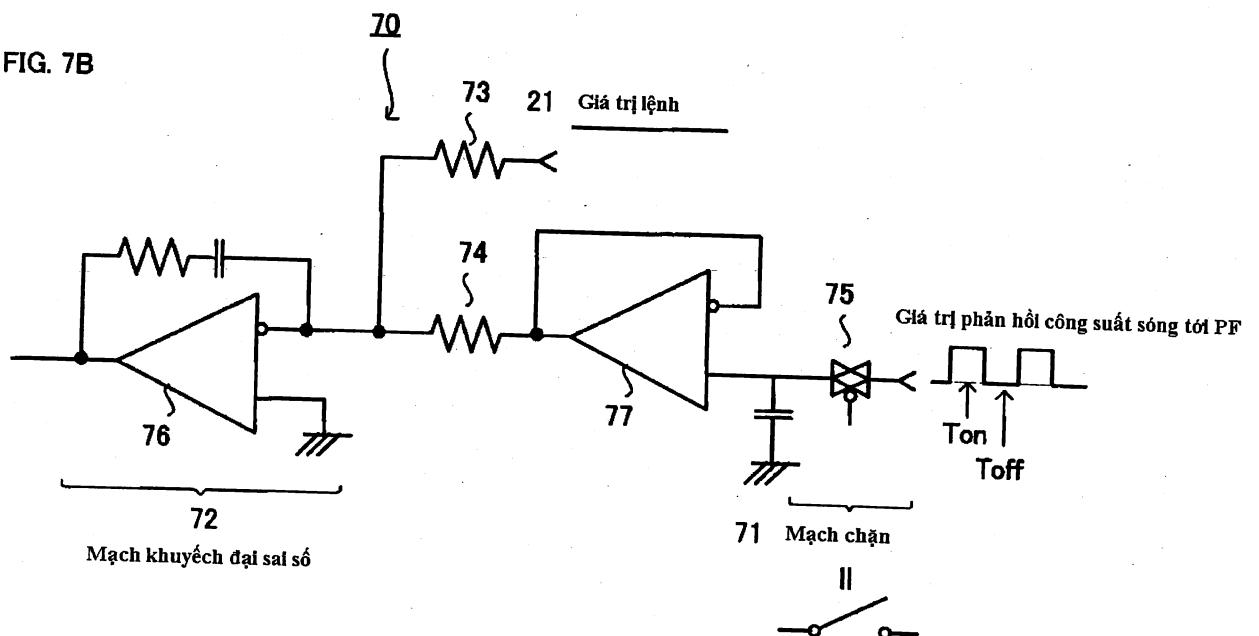


FIG. 8A

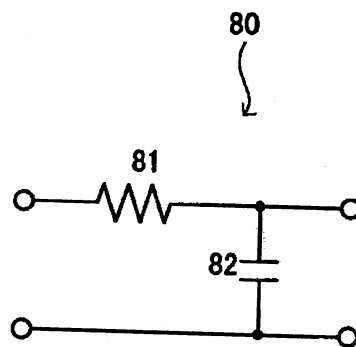
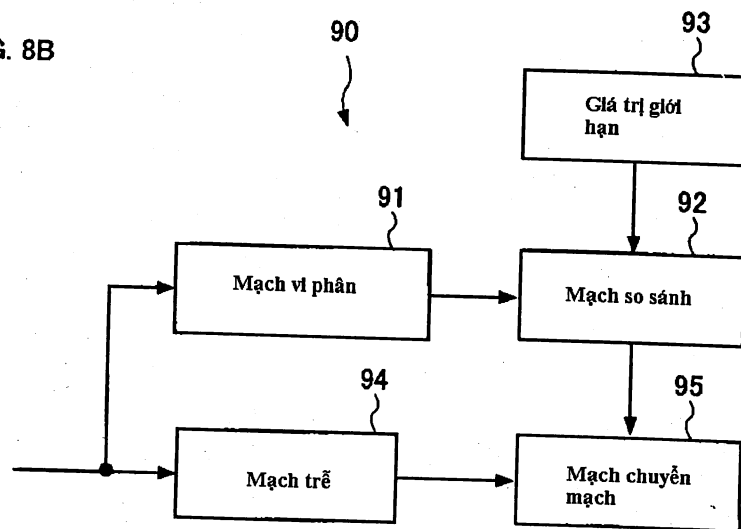


FIG. 8B



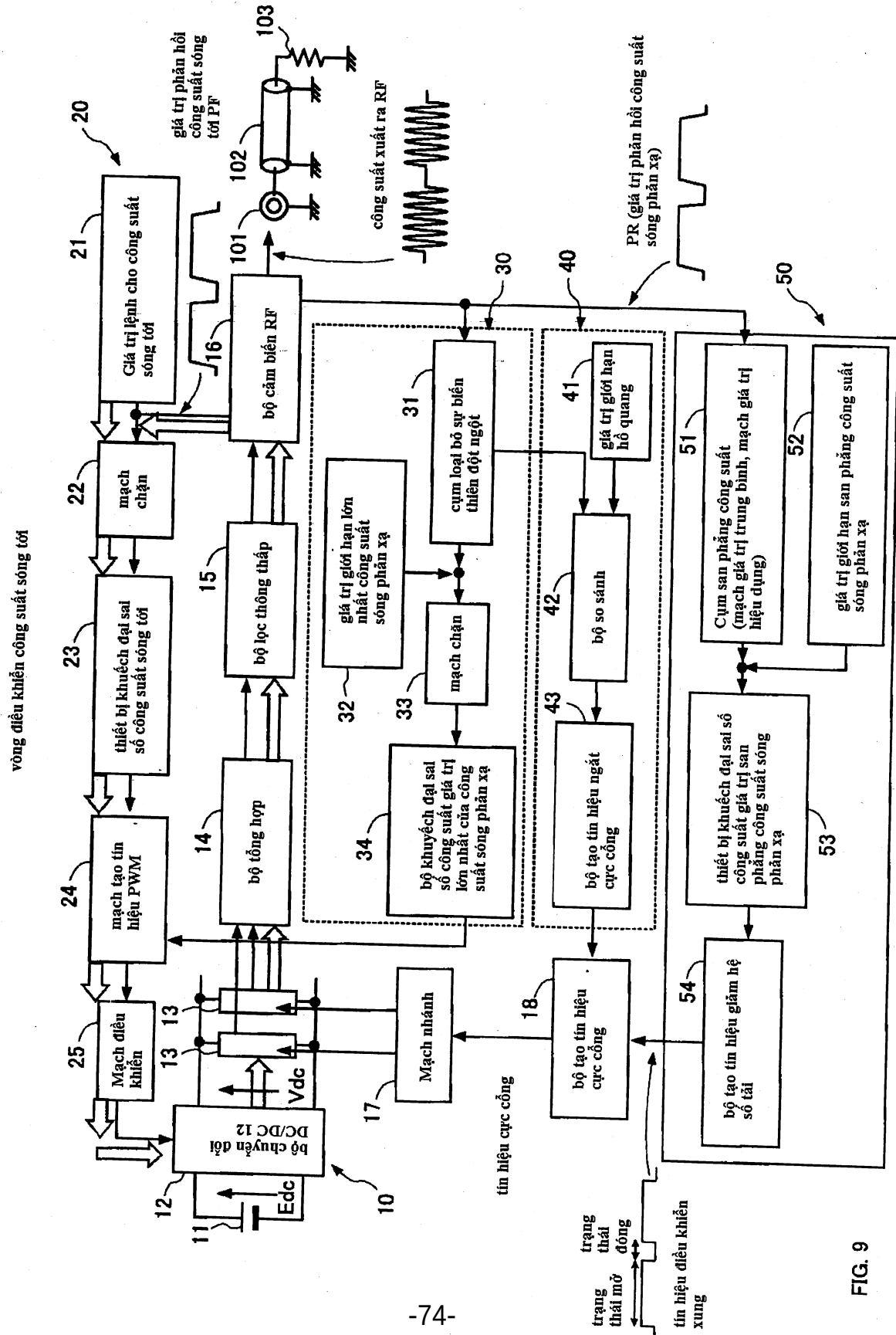


FIG. 9

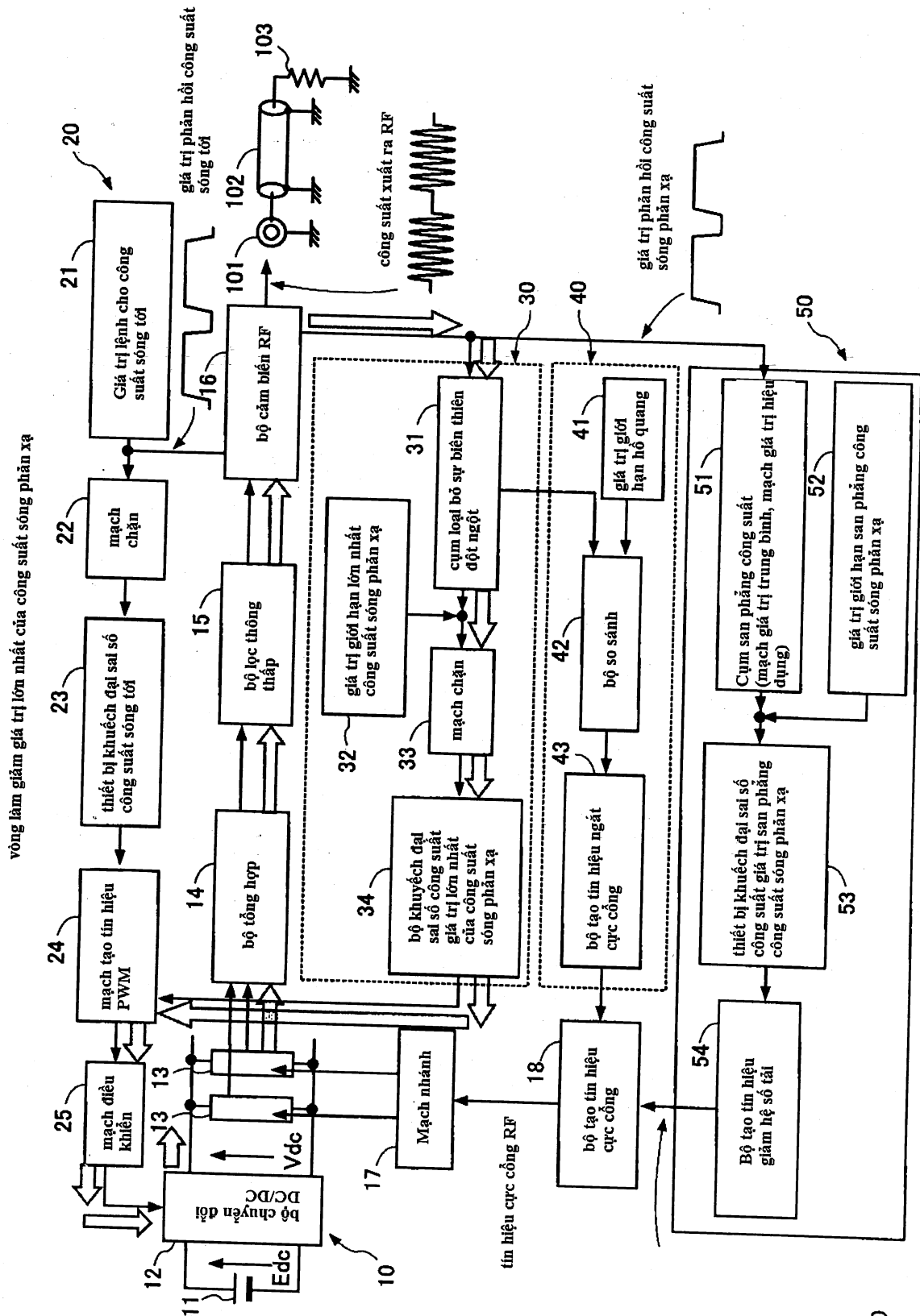


FIG. 10

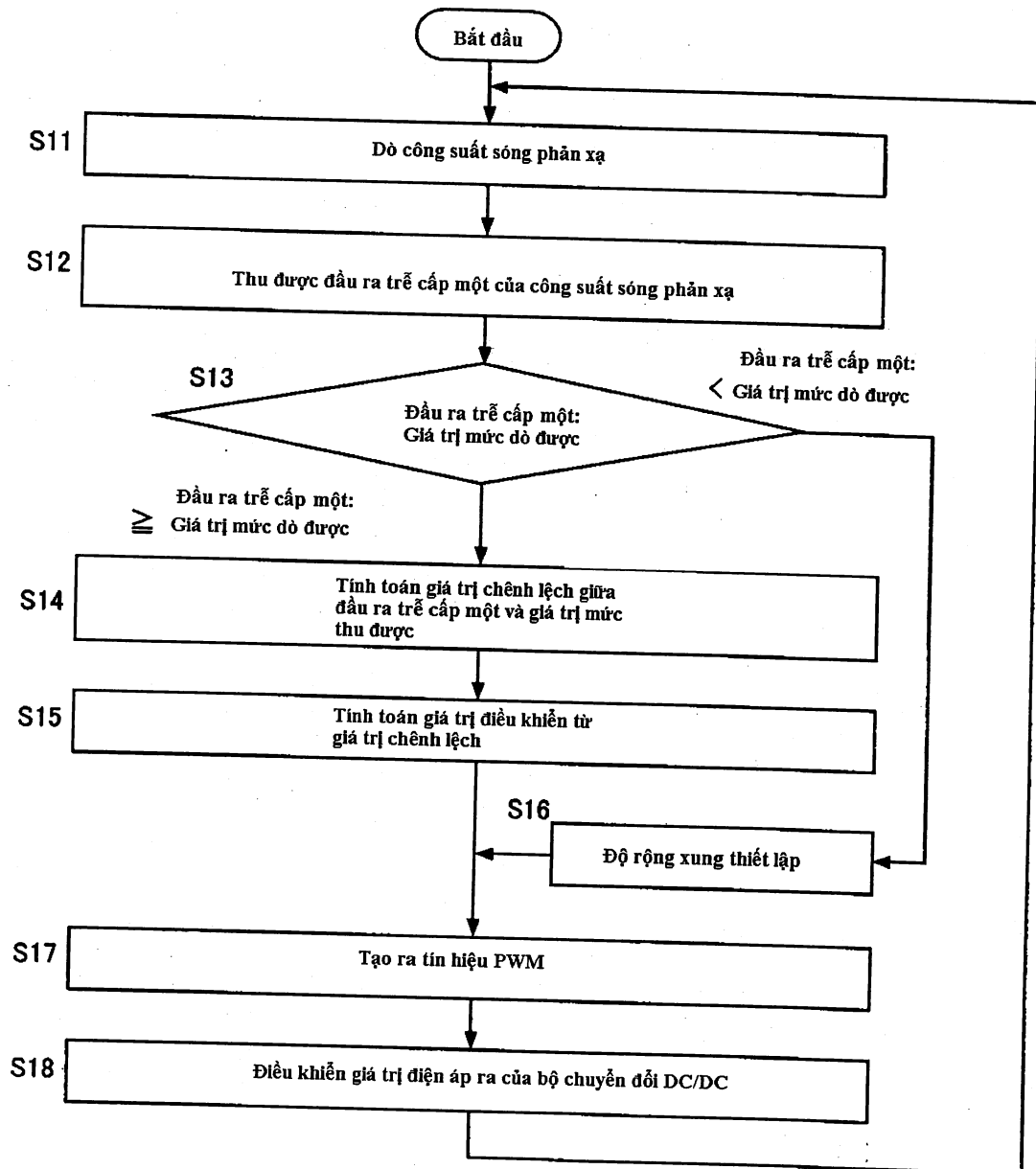


FIG. 11

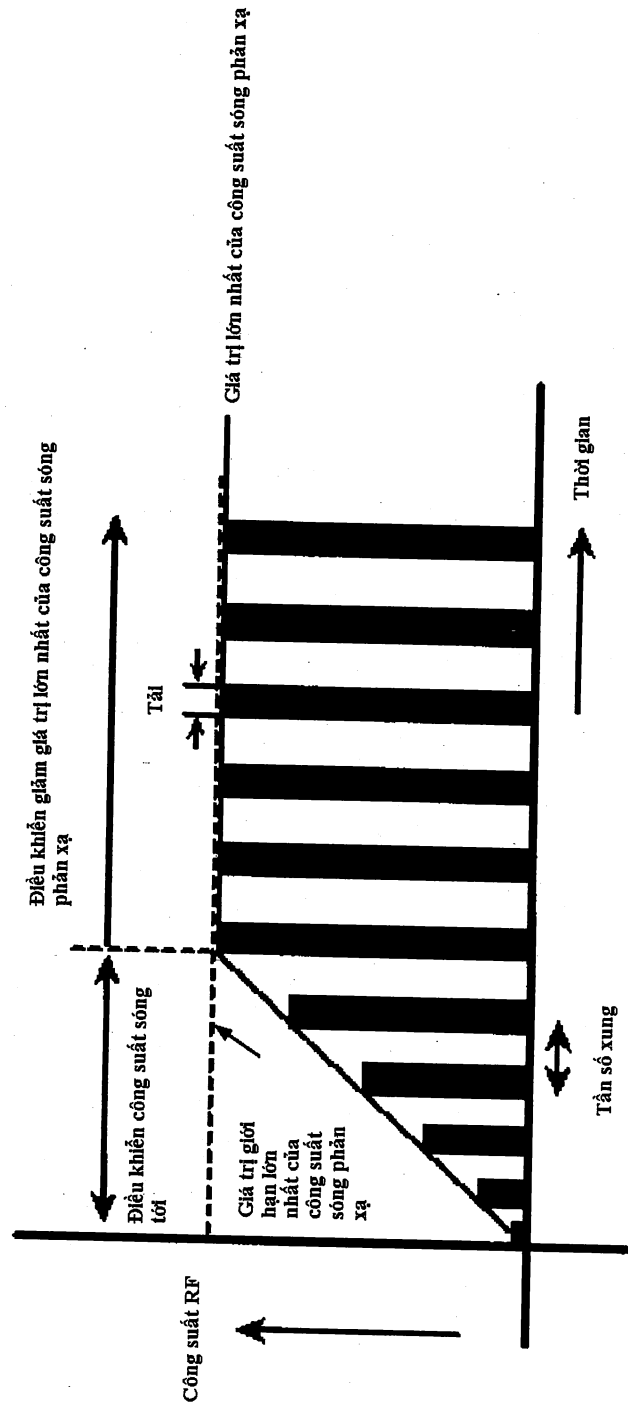
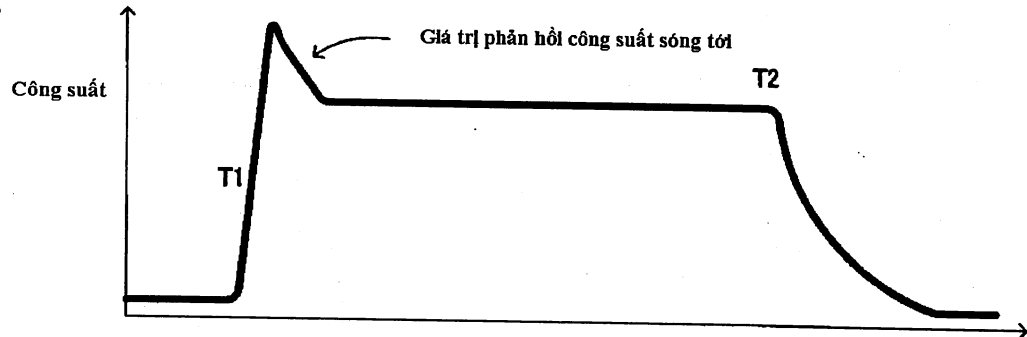


FIG. 12

FIG. 13A



Việc đốt
thành công

Khi giá trị phản hồi công suất
sóng phản xạ đạt tới mức dò giảm
giá trị lớn nhất,

Sự điều khiển đã xác định không chính
xác rằng trạng thái bất thường được
tạo ra

Khi giá trị phản hồi công suất
sóng phản xạ đạt tới mức dò giảm
giá trị lớn nhất,

Sự điều khiển đã xác định không chính
xác rằng trạng thái bất thường được
tạo ra

FIG. 13B

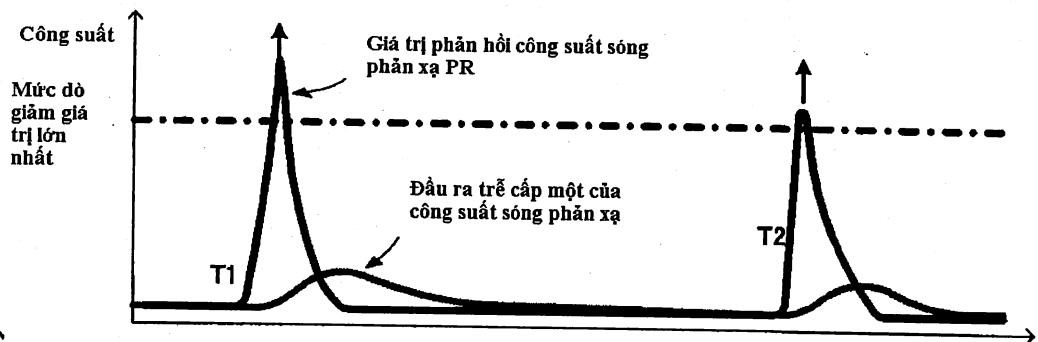


FIG. 13C

Sự chênh lệch

FIG. 13D

Tín hiệu
PWM



Việc đốt bị lỗi

FIG. 13E

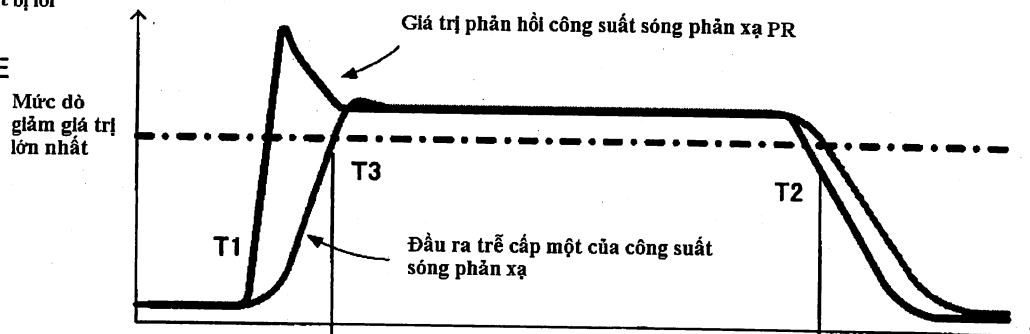


FIG. 13F

Sự chênh lệch

FIG. 13G

Tín hiệu
PWM



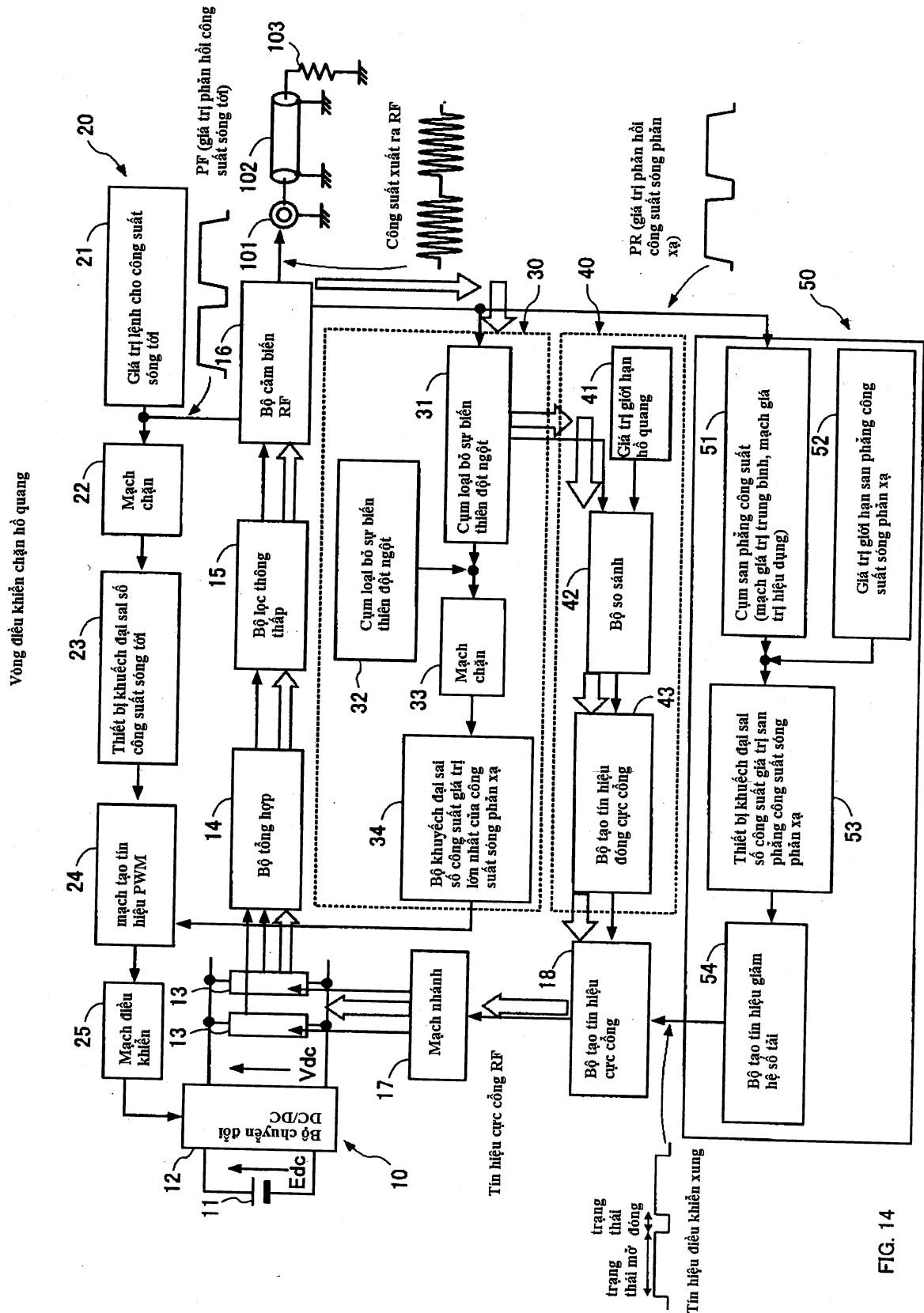


FIG. 14

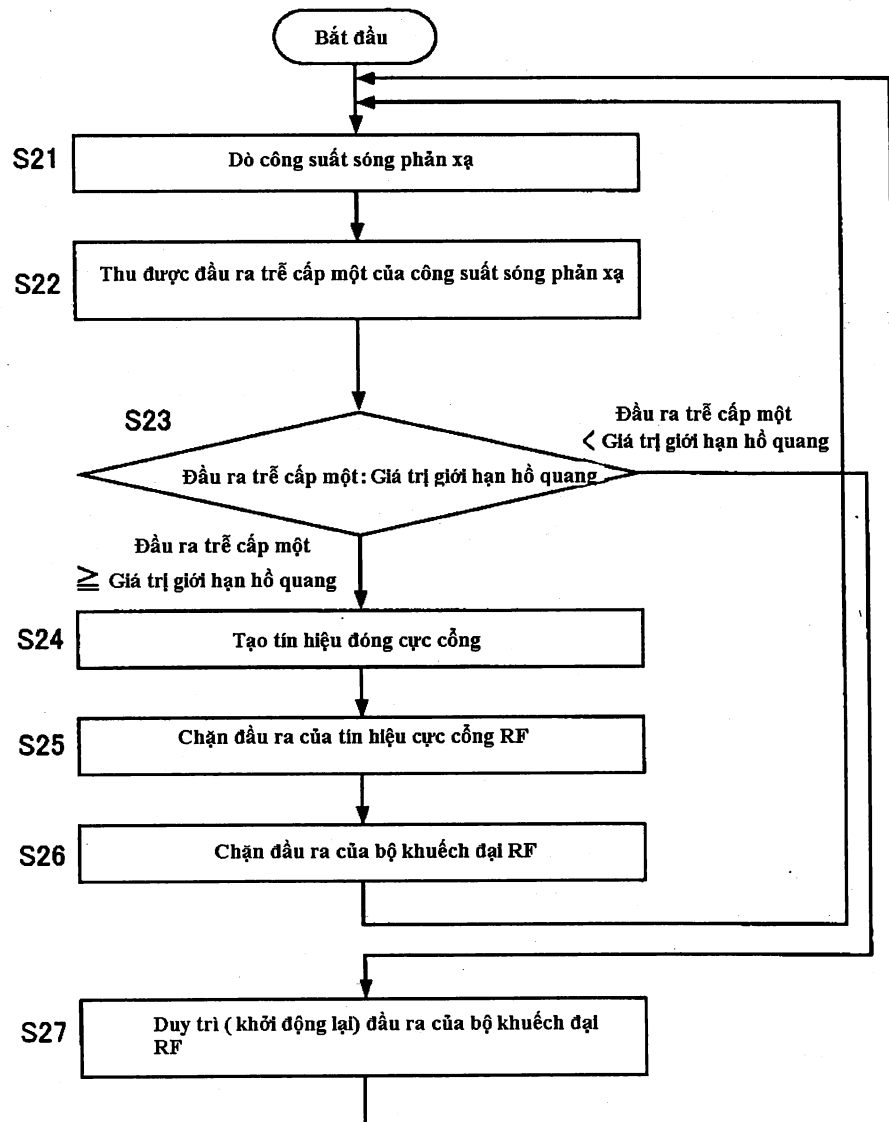


FIG. 15

FIG. 16A

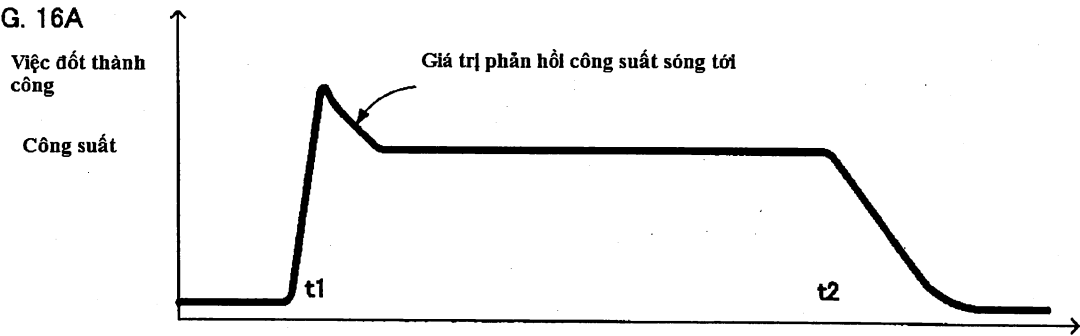


FIG. 16B

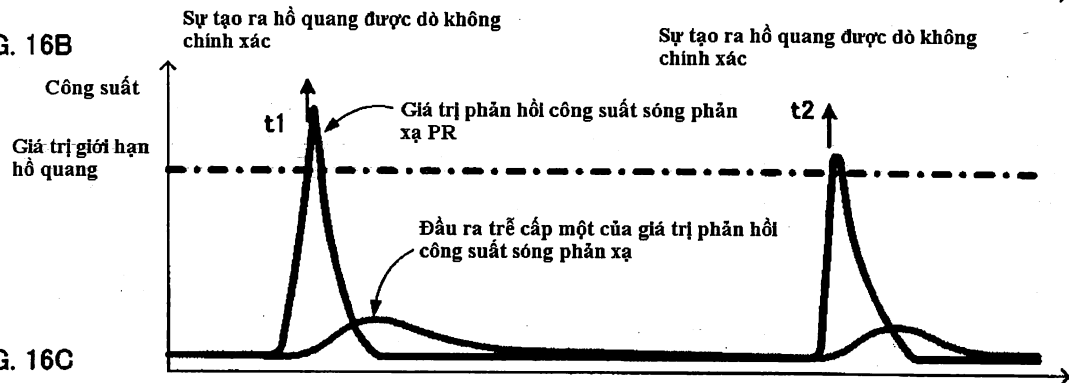


FIG. 16C



FIG. 16D

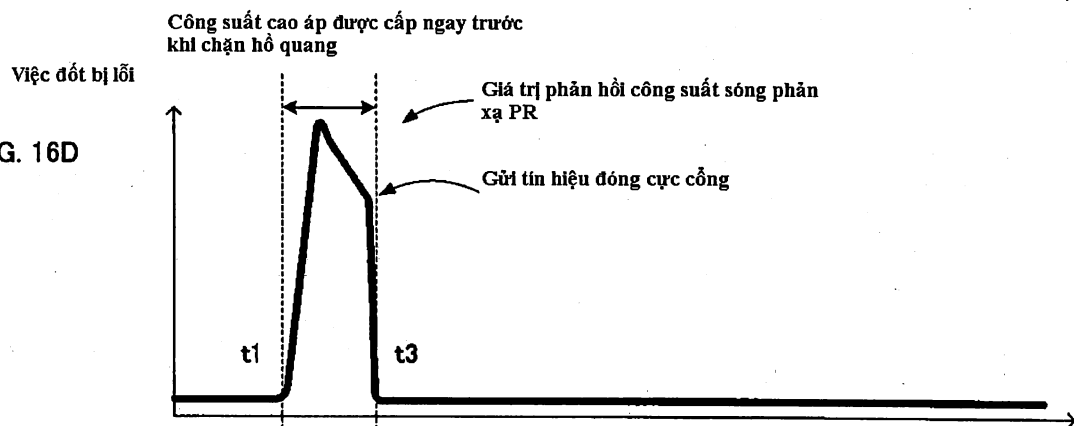


FIG. 16E

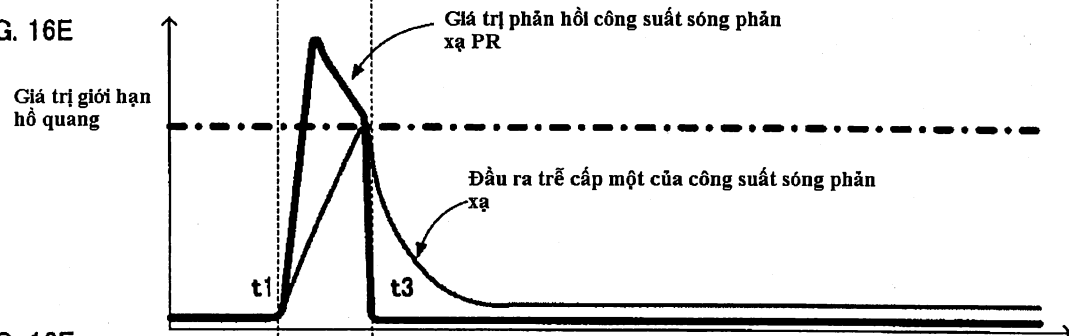
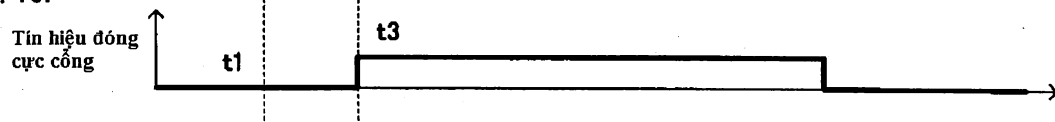


FIG. 16F



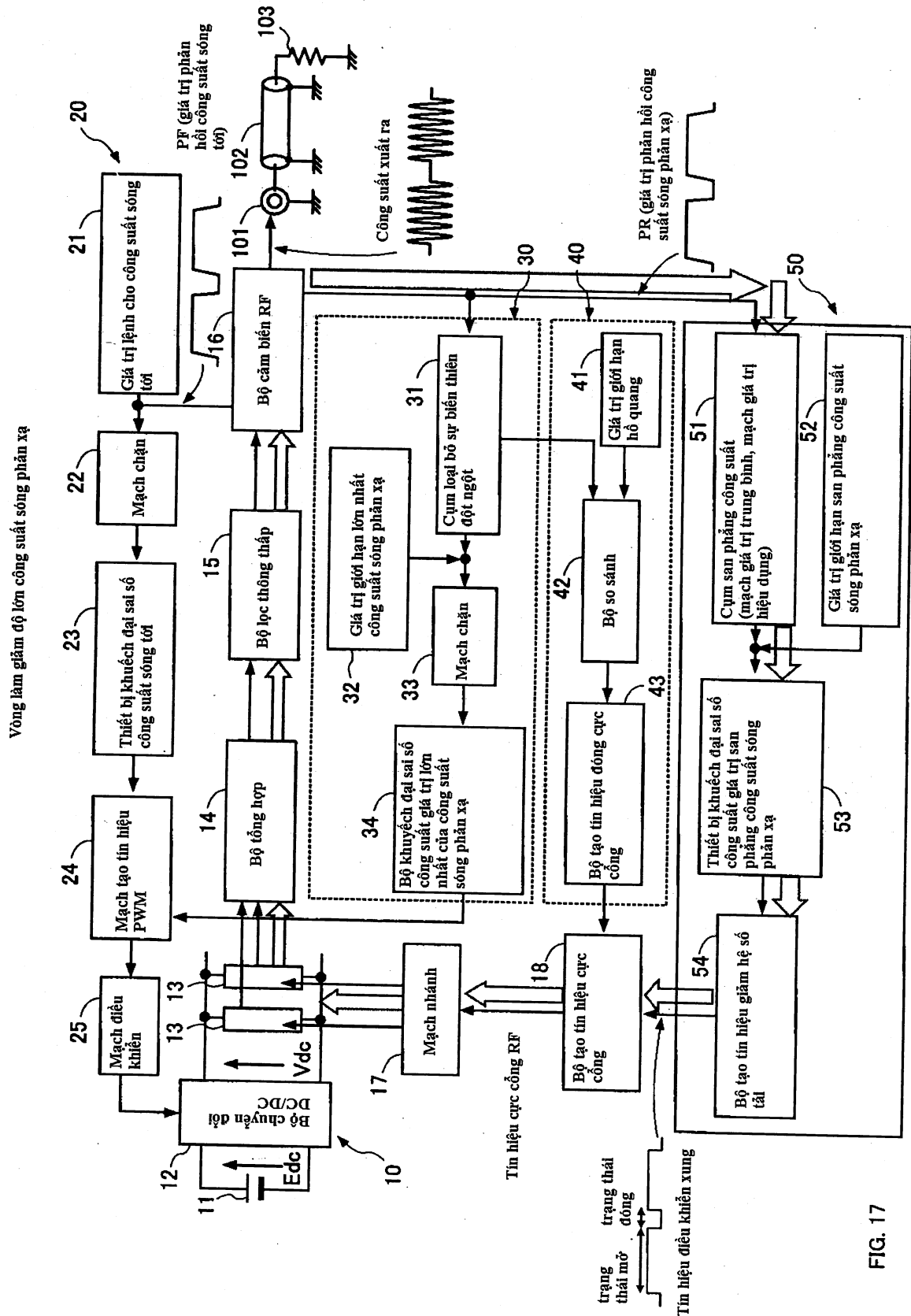


FIG. 17

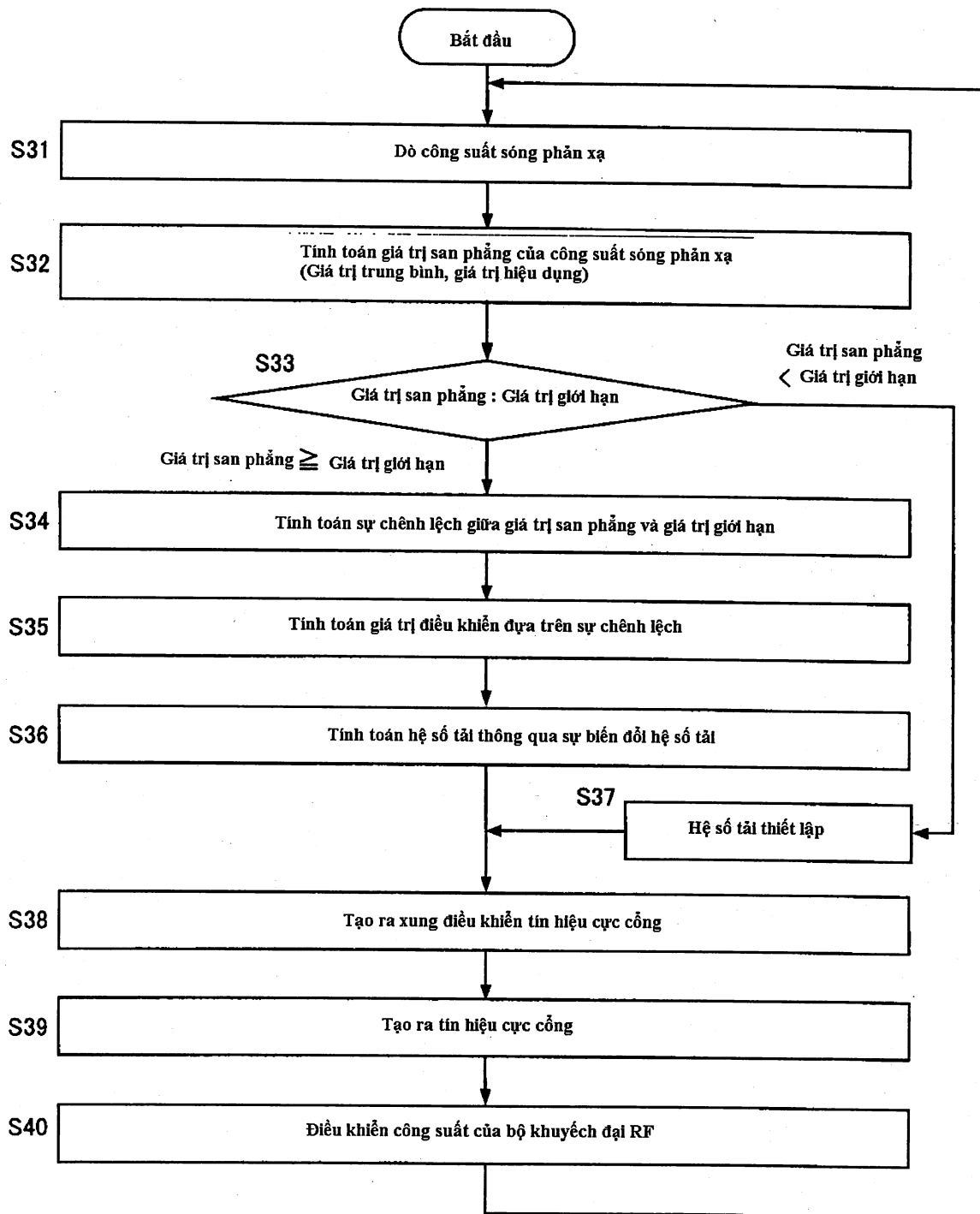


FIG. 18

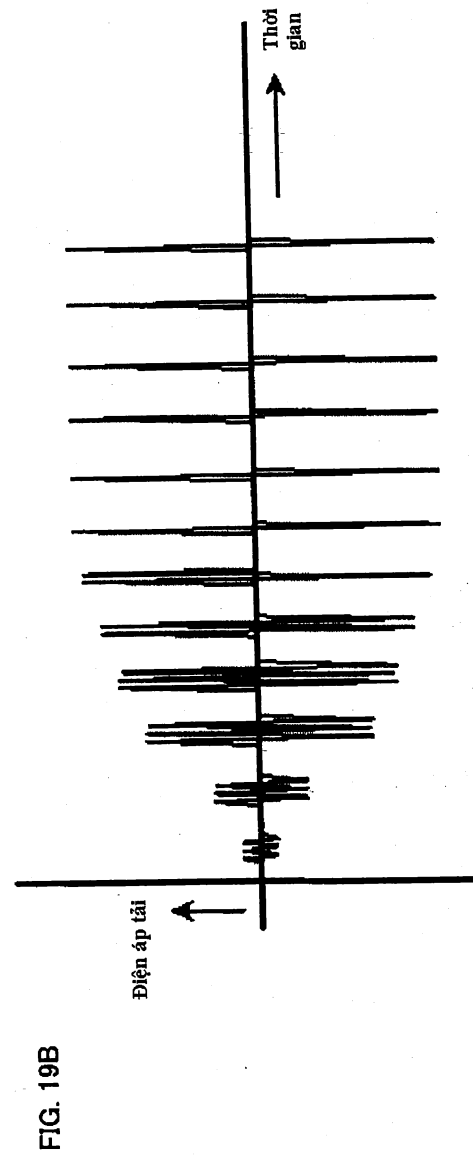
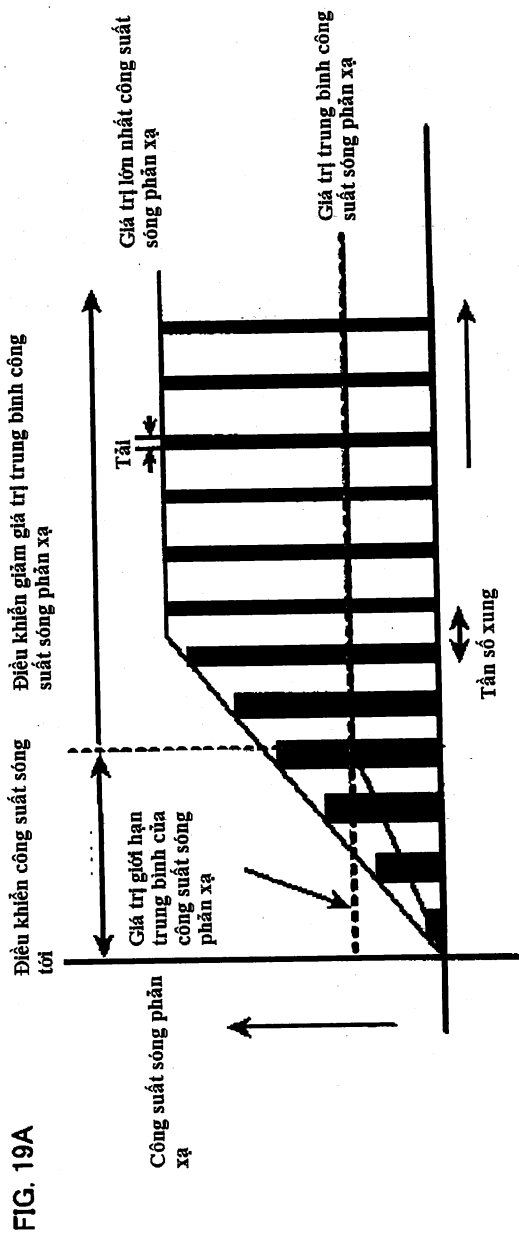


FIG. 20A

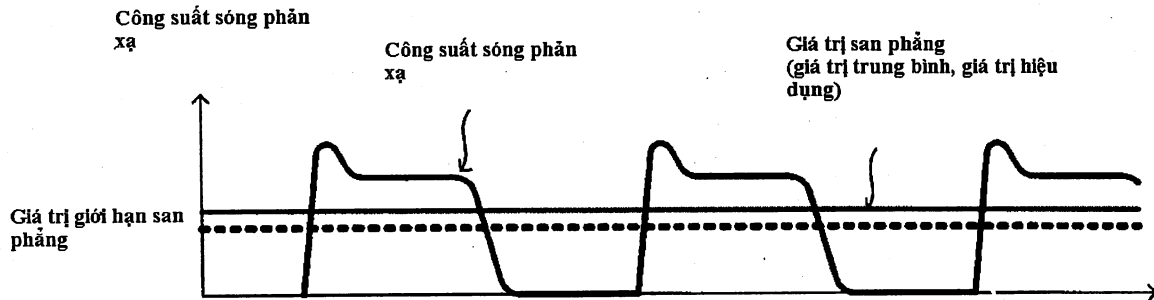


FIG. 20B

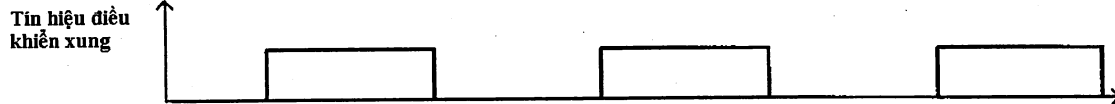


FIG. 20C

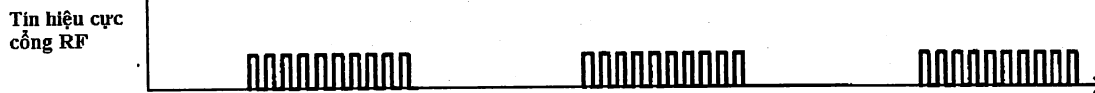


FIG. 20D

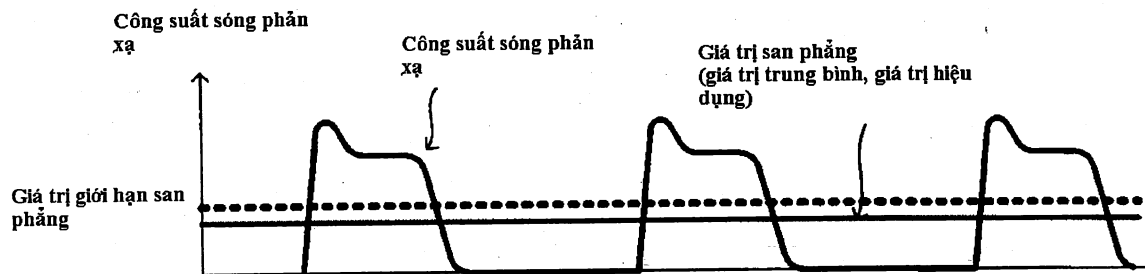


FIG. 20E



FIG. 20F

