



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

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

(11)



1-0053729

(51)<sup>2022.01</sup> H02J 3/00

(13) B

(21) 1-2023-06855

(22) 03/10/2023

(45) 25/11/2025 452

(43) 25/12/2023 429A

(73) VIỆN KHOA HỌC NĂNG LƯỢNG (thuộc Viện Hàn Lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam) (VN)

Nhà A9, số 18 đường Hoàng Quốc Việt, phường Nghĩa Đô, quận Cầu Giấy, thành phố Hà Nội

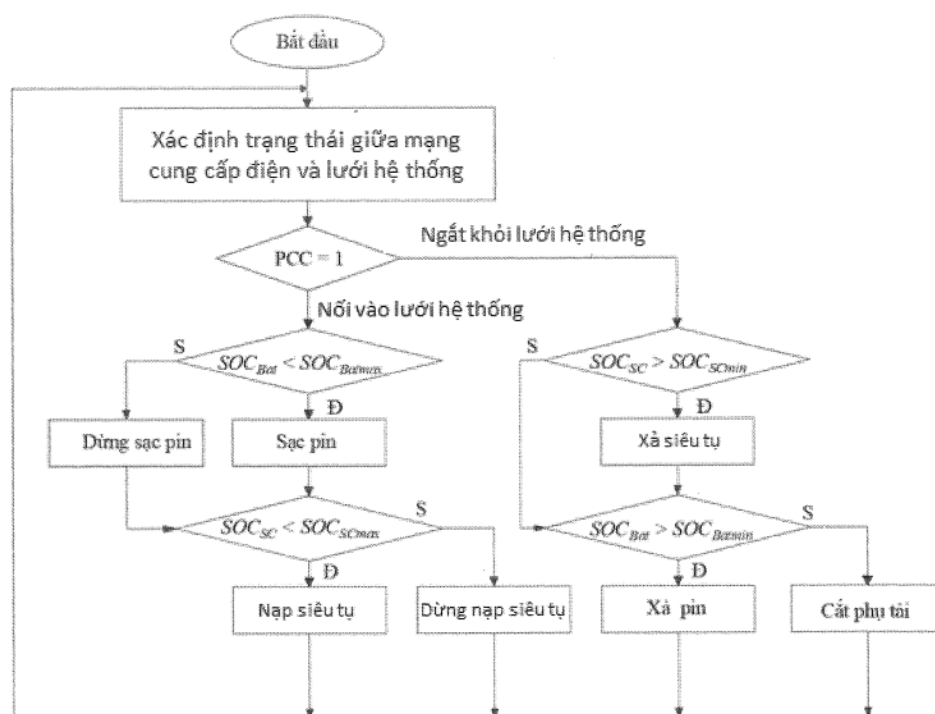
(72) Nguyễn Đức Minh (VN); Trịnh Trọng Chương (VN); Nguyễn Văn Hùng (VN); Trương Việt Anh (VN); Đoàn Văn Bình (VN).

(74) Công ty cổ phần tư vấn BIGPRO (BIGPRO CONSULTATION JOIN STOCK)

(54) PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN ỔN ĐỊNH LƯỚI ĐIỆN

(21) 1-2023-06855

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp điều khiển ổn định lưới điện, sử dụng cho các mạng cung cấp điện độc lập để ổn định việc cung cấp điện cho lưới điện trong khoảng thời gian ngắn khi mạng cung cấp điện được ngắt khỏi hoặc nối vào lưới hệ thống. Mạng cung cấp điện độc lập sử dụng pin, siêu tụ, và một bộ biến đổi DC/AC, trong đó bộ biến đổi DC/AC làm việc được ở cả hai chế độ là biến đổi từ DC thành AC và từ AC thành DC, pin và siêu tụ được nối với bộ biến đổi DC/AC thông qua các bộ biến đổi hai chiều DC/DC có vai trò giúp pin và siêu tụ xả và sạc/nạp. Phương pháp điều khiển này có xem xét tới trạng thái dung lượng của pin và siêu tụ để đưa ra chiến lược xả và sạc/nạp thích hợp cho pin và siêu tụ nhằm tối đa hoá sự ổn định trong khoảng thời gian ngắn khi mạng cung cấp điện được ngắt khỏi hoặc nối vào lưới hệ thống.



Hình 2

### **Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập**

Sáng chế đề cập đến phương pháp điều khiển ổn định lưới điện, cụ thể hơn là phương pháp điều khiển ổn định cung cấp điện, sử dụng cho các mạng cung cấp điện độc lập để ổn định việc cung cấp điện cho lưới điện trong khoảng thời gian ngắn khi mạng cung cấp điện được ngắt khỏi hoặc nối vào lưới hệ thống.

### **Tình trạng kỹ thuật của sáng chế**

Trong các sự cố điện lớn được ghi nhận trên thế giới, người ta thấy rằng mặc dù trong một vùng bị sự cố mất điện rộng lớn thì vẫn có những vùng nhỏ (được gọi là Island hay “ốc đảo”), nằm bên trong vùng bị sự cố mất điện, vẫn còn duy trì được cung cấp điện nhờ tách hẳn ra khỏi lưới điện lớn (được gọi là Islanding hay “tách đảo”) và sử dụng nguồn điện phân tán kết nối tới lưới điện của những vùng nhỏ này. Các nguồn điện phân tán này có thể là các thủy điện nhỏ, các trang trại năng lượng gió, mặt trời, phát điện sinh khối, các máy phát điện sử dụng nhiên liệu đốt, v.v.. Có thể thấy các nguồn điện phân tán như vậy có mức độ ổn định không cao, ví dụ như phụ thuộc vào điều kiện tự nhiên, dẫn tới sự phức tạp cho vấn đề tách đảo, đồng thời cũng đặt ra vấn đề cần thực hiện sự tách đảo cho lưới điện có tần suất nhiều hơn khi càng ngày càng có nhiều về số lượng và đa dạng về các loại nguồn cung cấp điện phân tán tham gia và mạng lưới cung cấp điện chung, gọi là lưới điện hệ thống.

Việc tách đảo, hay nói rộng hơn là việc ngắt khỏi hoặc nối vào lưới hệ thống của mạng cung cấp điện nào đó là cần thiết và có thể mang lại hiệu quả cung cấp điện được cải thiện tốt hơn đáng kể. Việc ngắt khỏi lưới hệ thống, ví dụ có thể để thay đổi giữa các nguồn điện phân tán, thay đổi từ lưới điện lớn sang nguồn điện phân tán hoặc ngược lại, mất điện tạm thời trong một khoảng thời gian ngắn, hoặc tách mạng cung cấp điện khỏi lưới điện hệ thống để tránh sự ảnh hưởng lẫn nhau khi mạng cung cấp điện hoặc lưới điện có sự cố, chẳng hạn.

Ngoài các nguồn cung cấp điện phân tán như được đề cập đến trên đây, trong

những năm gần đây, các thiết bị và bộ lưu trữ điện năng dần trở thành một xu thế và đang đóng vai trò quan trọng trong các hệ thống lưới điện hoặc mạng cung cấp điện có khả năng hoạt động độc lập hoặc nối lưới điện hệ thống. Các bộ lưu trữ này trở nên phổ biến vì một số ưu điểm và lợi ích mà chúng mang lại như đảm bảo nguồn điện liên tục, nâng cao độ tin cậy cung cấp điện trong hệ thống điện và giúp đa dạng phương án vận hành lưới điện trong các tình huống bất thường trên lưới hệ thống. Bộ lưu trữ năng lượng điển hình hiện nay là các bộ lưu điện truyền thống, mang những đặc trưng và ưu thế vượt trội về khả năng lưu trữ lớn, có thể giúp cải thiện hiệu quả sử dụng năng lượng bằng cách lưu trữ năng lượng dư thừa để sử dụng lại sau này, giảm thiểu lãng phí năng lượng và tăng hiệu quả của hệ thống điện. Đặc điểm chung của các bộ lưu điện truyền thống là đòi hỏi một khoảng thời gian nhất định để đáp ứng được với sự thay đổi công suất, song song với đó là khả năng phát công suất bị giới hạn và có thể gây ảnh hưởng đến hiệu suất hoạt động của hệ thống điện.

Mặc dù các bộ lưu trữ năng lượng bằng pin thường nhỏ gọn và không bị giới hạn về vị trí lắp đặt, do đó dễ dàng lắp đặt tại nhiều địa điểm khác nhau mà không phải phụ thuộc như bộ lưu điện truyền thống. Tuy nhiên, thời gian đáp ứng với sự thay đổi công suất của các pin cũng được cho là cần một khoảng thời gian nhất định và có thể chưa đáp ứng tốt khi có sự biến động nhanh về công suất trong mạng cung cấp điện, ví dụ ngắt khỏi hoặc nối vào lưới hệ thống chẳng hạn.

Để đáp ứng tốt khi có sự biến động nhanh về công suất trong mạng cung cấp điện, thì các siêu tụ có thể được sử dụng, do siêu tụ có hiệu suất hoạt động cao, đảm bảo cung cấp điện ổn định và đáp ứng nhanh chóng các yêu cầu về cung cấp điện, và do đó có thể đóng góp sự hiệu quả nhất định trong hệ thống điện. Tuy nhiên, siêu tụ chỉ có khả năng phục vụ nhu cầu ngắn hạn của hệ thống điện, do dung lượng lưu trữ năng lượng chỉ cung cấp được trong một khoảng thời gian tương đối ngắn.

Khắc phục tình trạng này, các giải pháp tích hợp siêu tụ vào bộ lưu điện hoặc sử dụng đồng thời pin và siêu tụ đã được đề xuất nhằm tăng hiệu quả của hệ thống điện. Sự kết hợp, ví dụ giữa pin và siêu tụ được cho là có thể khắc phục được nhược điểm của pin liên quan thời gian đáp ứng đối với sự thay đổi công suất, và đồng thời khắc

phục được nhược điểm của siêu tụ liên quan tới dung lượng lưu trữ năng lượng.

Nói chung, các giải pháp kết hợp giữa pin và siêu tụ đều hướng tới việc tối ưu hóa hoạt động của lưu trữ và cung cấp năng lượng lai ghép giữa pin và siêu tụ để, ví dụ đảm bảo tính ổn định của hệ thống điện.

Nhiều nghiên cứu hiện nay sử dụng kết hợp giữa pin và siêu tụ nhằm mục đích giảm tải cao điểm và cải thiện tính linh hoạt của hệ thống lưới điện, các nghiên cứu này thường được xây dựng trên nguyên lý cân bằng công suất giữa các phụ tải hoặc các nhóm phụ và các nguồn cung cấp điện hoặc các nhóm nguồn cung cấp điện. Theo đó các nghiên cứu này có thể thực hiện thu thập, đo lường, hoặc lên kế hoạch liên quan đến công suất yêu cầu của các phụ tải và đồng thời là công suất cung cấp được của các nguồn cung cấp điện, tức là hướng tới cải thiện hiệu quả hoạt động của hệ thống điện trong một khoảng thời gian nhất định, mà cơ bản là không hướng tới việc ổn định hoạt động của hệ thống lưới điện trong thời gian ngắn và giảm thiểu những sự cố có thể xảy ra trong quá trình ngắt khỏi hoặc nối vào lưới hệ thống của mạng cung cấp điện, ví dụ do sự thay đổi nhanh của công suất trong mạng cung cấp điện.

Do đó, có nhu cầu về phương pháp điều khiển ổn định cung cấp điện, thích hợp sử dụng cho các mạng cung cấp điện độc lập để ổn định việc cung cấp điện cho lưới điện trong khoảng thời gian ngắn khi mạng cung cấp điện được ngắt khỏi hoặc nối vào lưới hệ thống.

Bên cạnh đó, việc tính đến trạng thái hiện tại của pin và siêu tụ, ví dụ trạng thái về dung lượng còn lại của pin và siêu tụ, khi thực hiện việc ngắt khỏi hoặc nối vào lưới hệ thống của mạng cung cấp điện cũng được cho là quan trọng.

Bài báo có tiêu đề “Control Strategies for Battery/Supercapacitor Hybrid Energy Storage Systems” của tác giả Yu Zhang và các cộng sự, đề xuất giải pháp sử dụng kết hợp pin và siêu tụ để tăng sự hiệu quả của hệ thống điện. Trong giải pháp được đề xuất, trạng thái hiện tại của pin và siêu tụ có được tính đến để đưa ra các chiến lược điều khiển thích hợp bao gồm chiến lược điều khiển A thực hiện xả pin trước và khi đạt tới ngưỡng dòng điện được xác định trước thì xả siêu tụ, pin và siêu tụ được sạc/nạp cùng nhau; chiến lược điều khiển B thực hiện xả đồng thời pin và siêu tụ, pin được sạc trước

sau đó siêu tụ được nạp; và chiến lược điều khiển C thực hiện xả pin trước và khi đạt tới ngưỡng dòng điện được xác định trước thì xả siêu tụ, pin được sạc trước sau đó siêu tụ được nạp. Chiến lược điều khiển A và chiến lược điều khiển C khác nhau về việc sạc/nạp cho pin và siêu tụ.

Dễ thấy là khi pin được xả trước sau đó mới đến siêu tụ xả, có thể là không tối ưu để đáp ứng lại sự thay đổi nhanh của công suất trong khoảng thời gian ngắn, và việc xả đồng thời pin và siêu tụ có thể khó để đạt được sự ổn định các thông số của hệ thống điện trong khoảng thời gian ngắn do pin và siêu tụ có thể có các đặc tính xả tương đối khác nhau và đồng thời được xả vào mạng cung cấp điện.

Vì vậy, cũng có nhu cầu về phương pháp điều khiển ổn định cung cấp điện có tính đến trạng thái hiện tại của pin và siêu tụ và các đặc tính của pin và siêu tụ, để tối ưu hoá chiến lược điều khiển pin.

### **Bản chất kỹ thuật của sáng chế**

Mục đích của sáng chế là đề xuất phương pháp điều khiển ổn định lưới điện, khắc phục được một hoặc một số vấn đề còn tồn tại nêu trên.

Mục đích khác của sáng chế là đề xuất phương pháp điều khiển ổn định lưới điện, thích hợp sử dụng cho các mạng cung cấp điện độc lập để ổn định việc cung cấp điện cho lưới điện trong khoảng thời gian ngắn khi mạng cung cấp điện được ngắt khỏi hoặc nối vào lưới hệ thống.

Mục đích khác nữa của sáng chế là đề xuất phương pháp điều khiển ổn định lưới điện, có tính đến trạng thái hiện tại của pin và siêu tụ và các đặc tính của pin và siêu tụ, để tối ưu hoá chiến lược điều khiển pin.

Cần hiểu rằng, sáng chế không bị giới hạn ở các mục đích được nêu ra trên đây, mà còn bao gồm các mục đích khác nữa mà có thể được nhận biết bởi người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật tương ứng trong các mô tả dưới đây.

Để đạt được một hoặc một số các vấn đề nêu trên, sáng chế đề xuất phương pháp điều khiển ổn định lưới điện,

trong đó phương pháp này thích hợp để sử dụng cho các mạng cung cấp điện

độc lập để ổn định việc cung cấp điện cho lưới điện trong khoảng thời gian ngắn khi mạng cung cấp điện được ngắt khỏi hoặc nối vào lưới hệ thống,

mạng cung cấp điện độc lập sử dụng pin, siêu tụ, và một bộ biến đổi DC/AC, trong đó bộ biến đổi DC/AC làm việc được ở cả hai chế độ là biến đổi từ DC thành AC và từ AC thành DC, pin được nối với bộ biến đổi DC/AC thông qua bộ biến đổi hai chiều DC/DC thứ nhất và siêu tụ được nối với bộ biến đổi DC/AC thông qua bộ biến đổi hai chiều DC/DC thứ hai, sao cho các bộ biến đổi hai chiều DC/DC thứ nhất và thứ hai và có vai trò giúp pin và siêu tụ xả và sạc,

phương pháp này bao gồm các bước:

xác định, mỗi khi có sự thay đổi trạng thái giữa mạng cung cấp điện và lưới hệ thống, mạng cung cấp điện được ngắt khỏi lưới hệ thống hay mạng cung cấp điện được nối vào lưới hệ thống,

(i) nếu mạng cung cấp điện được ngắt khỏi lưới hệ thống thì kiểm tra trạng thái dung lượng của siêu tụ,

(i.1) nếu dung lượng còn lại của siêu tụ lớn hơn giá trị dung lượng siêu tụ tối thiểu thì xả siêu tụ, và tiếp theo kiểm tra trạng thái dung lượng của pin,

nếu dung lượng còn lại của pin lớn hơn giá trị dung lượng pin tối thiểu thì xả pin, nếu dung lượng còn lại của pin nhỏ hơn hoặc bằng giá trị dung lượng pin tối thiểu thì cắt phụ tải,

(i.2) nếu dung lượng còn lại của siêu tụ nhỏ hơn hoặc bằng giá trị dung lượng siêu tụ tối thiểu thì kiểm tra trạng thái dung lượng của pin,

nếu dung lượng còn lại của pin lớn hơn giá trị dung lượng pin tối thiểu thì xả pin, nếu dung lượng còn lại của pin nhỏ hơn hoặc bằng giá trị dung lượng pin tối thiểu thì cắt phụ tải,

(ii) nếu mạng cung cấp điện được nối vào lưới hệ thống thì sạc cho pin và/hoặc nạp cho siêu tụ nếu dung lượng còn lại của pin và/hoặc siêu tụ nhỏ hơn giá trị dung lượng pin tối đa và/hoặc giá trị dung lượng siêu tụ tối đa.

Theo một phương án, khi mạng cung cấp điện được ngắt khỏi lưới hệ thống, bộ

biến đổi DC/AC được điều khiển để ổn định dòng điện, điện áp, và tần số của mạng cung cấp điện,

trong đó việc điều khiển này được xây dựng trên hệ trục tọa độ quay dq, và sử dụng vòng lặp điều khiển dòng điện bên trong, lấy các thông số đầu vào từ bộ điều khiển điện áp bên ngoài để đưa ra các véc tơ tín hiệu đầu ra cho bộ điều khiển, trong đó các đại lượng dòng điện tham chiếu đầu vào của vòng lặp điều khiển dòng điện được xác định như sau:

$$i_{dref1} = i_{Ld1} + (V_{dref1} - V_d) \frac{k_{pd} + k_{id}}{s} - V_q \omega C$$

$$i_{qref1} = i_{Lq1} + (V_{qref1} - V_q) \frac{k_{pq} + k_{iq}}{s} - V_d \omega C$$

trong đó  $i_{dref1}$ ,  $i_{qref1}$  lần lượt là các đại lượng dòng điện tham chiếu đầu vào của vòng lặp điều khiển dòng điện,  $V_{dref1}$ ,  $V_{qref1}$  lần lượt là các đại lượng điện áp tham chiếu đầu vào của vòng lặp điều khiển điện áp,  $k_{pd}$ ,  $k_{id}$ ,  $k_{qp}$ ,  $k_{iq}$  lần lượt là các tham số của các bộ điều khiển PI (Proportional Integral), và  $\omega$  là tần số góc.

Theo một phương án, khi mạng cung cấp điện được nối vào lưới hệ thống, bộ biến đổi DC/AC được điều khiển để ổn định dòng điện và điện áp của mạng cung cấp điện,

trong đó việc điều khiển này được xây dựng trên hệ trục tọa độ quay dq, và sử dụng vòng lặp điều khiển lấy thông số từ các giá trị tham chiếu để đưa ra véc tơ tín hiệu đầu ra cho bộ điều khiển, trong đó đại lượng dòng điện tham chiếu đầu vào của vòng lặp điều khiển dòng điện trên trục d được xác định như sau:

$$i_{dref2} = \left[ V^* - (Q^* - Q)n_Q - V_{dc} \right] \frac{k_{pv} + k_{iv}}{s}$$

trong đó  $i_{dref1}$  là đại lượng dòng điện tham chiếu đầu vào của vòng lặp điều khiển dòng điện trên trục d,  $V^*$ ,  $Q^*$  lần lượt là công suất tác dụng danh định và công suất phản kháng danh định,  $k_{pv}$ ,  $k_{iv}$  lần lượt là các tham số của các bộ điều khiển PI.

Theo một phương án, các bộ biến đổi hai chiều DC/DC thứ nhất và thứ hai được

điều khiển để ổn định điện áp DC trước khi đưa vào bộ biến đổi DC/AC,

trong đó việc điều khiển này sử dụng vòng lặp điều khiển dòng điện bên trong để lấy các thông số đầu vào từ bộ điều khiển điện áp bên ngoài, các bộ điều khiển PI, và bộ điều khiển PWM (Pulse Width Modulation), để đưa ra các xung điều khiển cấp cho các phần tử chuyển mạch của các bộ biến đổi hai chiều DC/DC thứ nhất và thứ hai, ưu tiên là các IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor).

Theo một phương án, nếu mạng cung cấp điện được nối vào lưới hệ thống thì kiểm tra trạng thái dung lượng của pin,

nếu dung lượng còn lại của pin nhỏ hơn giá trị dung lượng pin tối đa thì sạc cho pin, và tiếp theo kiểm tra trạng thái dung lượng của siêu tụ, nếu dung lượng còn lại của siêu tụ nhỏ hơn giá trị dung lượng siêu tụ tối đa thì nạp cho siêu tụ, nếu dung lượng còn lại của siêu tụ lớn hơn hoặc bằng giá trị dung lượng siêu tụ tối đa thì dừng nạp cho siêu tụ,

nếu dung lượng còn lại của pin lớn hơn hoặc bằng giá trị dung lượng pin tối đa thì dừng sạc cho pin, và tiếp theo kiểm tra trạng thái dung lượng của siêu tụ, nếu dung lượng còn lại của siêu tụ nhỏ hơn giá trị dung lượng siêu tụ tối đa thì nạp cho siêu tụ, nếu dung lượng còn lại của siêu tụ lớn hơn hoặc bằng giá trị dung lượng siêu tụ tối đa thì dừng nạp cho siêu tụ.

Mạng cung cấp điện có thể bao gồm nhiều hơn một hoặc một nhóm phụ tải, mỗi phụ tải hoặc nhóm phụ tải được cắt hoặc nối với mạng cung cấp điện một cách độc lập.

### **Mô tả vắn tắt các hình vẽ**

Hình 1 là sơ đồ mạng cung cấp điện theo một phương án ưu tiên của sáng chế;

Hình 2 là lưu đồ thể hiện phương pháp điều khiển ổn định lưới điện theo một phương án ưu tiên của sáng chế;

Hình 3 là sơ đồ bộ biến đổi DC/AC theo một phương án ưu tiên của sáng chế;

Hình 4 và Hình 5 là các sơ đồ mạch điều khiển của bộ biến đổi DC/AC;

Hình 6 là sơ đồ bộ biến đổi hai chiều DC/DC theo một phương án ưu tiên của

sáng chế;

Hình 7 là sơ đồ mạch điều khiển của bộ biến đổi hai chiều DC/DC;

Hình 8 và Hình 9 là các sơ đồ mạch điện tương đương của mô hình toán của pin theo một phương án ưu tiên của sáng chế;

Hình 10 là sơ đồ thay thế của siêu tụ;

Hình 11A và Hình 11B là các đồ thị thể hiện đặc tính của pin theo một ví dụ mô phỏng của sáng chế;

Hình 12A và Hình 12B là các đồ thị thể hiện đặc tính của siêu tụ theo một ví dụ mô phỏng của sáng chế;

Hình 13A và Hình 13B là các đồ thị thể hiện đặc tính tần số theo một ví dụ mô phỏng của sáng chế;

Hình 14A và Hình 14B là các đồ thị thể hiện đặc tính liên quan đến công suất tác dụng và công suất phản kháng theo một ví dụ mô phỏng của sáng chế;

Hình 15A và Hình 15B là các đồ thị thể hiện đặc tính liên quan đến dòng điện theo một ví dụ mô phỏng của sáng chế; và

Hình 16A và Hình 16B là các đồ thị thể hiện đặc tính liên quan đến điện áp theo một ví dụ mô phỏng của sáng chế.

### **Mô tả chi tiết sáng chế**

Dưới đây, các ưu điểm, hiệu quả và bản chất của sáng chế có thể được hiểu rõ hơn thông qua việc mô tả chi tiết các phương án ưu tiên thực hiện có dựa vào các hình vẽ kèm theo. Trên các hình vẽ, các số chỉ dẫn giống nhau được dự định để biểu thị các thành phần hoặc chi tiết giống nhau hoặc tương đương và được sử dụng thống nhất trong toàn bộ mô tả, do vậy trên một số các hình vẽ hoặc một số phần trên hình vẽ có thể không xuất hiện một hoặc một số các số chỉ dẫn nhằm mục đích làm cho hình vẽ trở nên đơn giản và thuận tiện trong việc thể hiện các thành phần cấu tạo hoặc nguyên lý hoạt động khác nhau của sáng chế, trong trường hợp như vậy, mối tương quan giữa các thành phần hoặc chi tiết cụ thể với các số chỉ dẫn biểu thị nó có thể được minh họa

rõ khi tham chiếu tới các hình vẽ khác hoặc các phần khác trên hình vẽ. Bên cạnh đó, các hình vẽ có thể được thể hiện theo các cách khác nhau với dự định để phác họa khái niệm hoặc nguyên lý theo sáng chế, và do đó các thành phần và chi tiết được thể hiện trên hình vẽ là không theo kích thước và hình dạng thực tế, một số thành phần hoặc chi tiết sẽ được phóng đại lên và có thể được biểu thị bởi các khối giản lược nhằm mục đích minh họa và thuận tiện cho việc mô tả. Vì vậy, cần hiểu rằng các phương án được mô tả trong phần mô tả chỉ với mục đích làm ví dụ giúp cho việc hiểu rõ hơn về bản chất và các ưu điểm của sáng chế, mà không giới hạn phạm vi của sáng chế theo các phương án được mô tả này.

Trên Hình 1 thể hiện mạng cung cấp điện theo một phương án ưu tiên của sáng chế, gồm có phụ tải 1 và phụ tải 2, mạng cung cấp điện này sử dụng kết hợp pin và siêu tụ và được ngắt khỏi hoặc nối vào lưới hệ thống thông qua vị trí được biểu thị là PCC. Pin được nối tới đầu vào của bộ biến đổi hai chiều DC/DC thứ nhất để tạo ra nguồn điện DC thích hợp làm đầu vào cho bộ biến đổi DC/AC, và siêu tụ được nối tới đầu vào của bộ biến đổi hai chiều DC/DC thứ hai để tạo ra nguồn điện DC thích hợp làm đầu vào cho bộ biến đổi DC/AC.

Nói chung, nguồn năng lượng từ pin và siêu tụ được chuyển đổi một cách độc lập thành nguồn điện DC thích hợp và cung cấp vào đầu vào của bộ biến đổi DC/AC, do đó chỉ cần một bộ biến đổi DC/AC. Bộ biến đổi DC/AC làm việc được ở cả hai chế độ là biến đổi từ DC thành AC và từ AC thành DC, nhờ đó các bộ biến đổi hai chiều DC/DC thứ nhất và thứ hai có thể xả được cho pin và siêu tụ, hoặc sạc (hay nạp) được cho pin và siêu tụ.

Cần hiểu rằng sáng chế không bị giới hạn ở bất kỳ số lượng các thành phần như được thể hiện trên Hình 1, ví dụ số lượng phụ tải có thể lớn hơn 2, số lượng các vị trí PCC có thể nhiều hơn 1 và có thể được nối tới một hoặc nhiều nguồn điện phân tán, hoặc số lượng siêu tụ được sử dụng có thể lớn hơn 1, nhưng không chỉ giới hạn ở đó.

Ngoài ra, trên Hình 1 cũng thể hiện một số phần tử chủ yếu là các phần tử cơ bản trong các mạch điện, vì vậy việc mô tả chi tiết về chúng được dự kiến lược bỏ để tập trung hơn cho việc mô tả các đặc điểm khác của sáng chế.

Tiếp theo, Hình 2 là lưu đồ thể hiện phương pháp điều khiển ổn định lưới điện theo một phương án ưu tiên của sáng chế.

Phương pháp điều khiển ổn định lưới điện được bắt đầu bằng việc xác định trạng thái giữa mạng cung cấp điện và lưới hệ thống, mỗi khi có sự thay đổi trạng thái giữa mạng cung cấp điện và lưới hệ thống, mạng cung cấp điện được ngắt khỏi lưới hệ thống hay mạng cung cấp điện được nối vào lưới hệ thống. Việc xác định này được thực hiện tại vị trí PCC, ví dụ có thể phụ thuộc vào trạng thái của các thiết bị đóng cắt, nhưng không chỉ giới hạn ở đó. Giá trị  $PCC = 1$  thể hiện rằng mạng cung cấp điện được nối vào lưới hệ thống, và giá trị  $PCC = 0$  thể hiện rằng mạng cung cấp điện được ngắt khỏi lưới hệ thống.

Nếu mạng cung cấp điện được ngắt khỏi lưới hệ thống thì kiểm tra trạng thái dung lượng của siêu tụ. Nếu dung lượng còn lại của siêu tụ lớn hơn giá trị dung lượng siêu tụ tối thiểu, tức là  $SOC_{SC} > SOC_{SCmin}$ , thì xả siêu tụ, và tiếp theo kiểm tra trạng thái dung lượng của pin. Nếu dung lượng còn lại của pin lớn hơn giá trị dung lượng pin tối thiểu, tức là  $SOC_{Bat} > SOC_{Batmin}$ , thì xả pin, trái lại nếu dung lượng còn lại của pin nhỏ hơn hoặc bằng giá trị dung lượng pin tối thiểu thì cắt phụ tải.

Bên cạnh đó, nếu dung lượng còn lại của siêu tụ nhỏ hơn hoặc bằng giá trị dung lượng siêu tụ tối thiểu thì kiểm tra trạng thái dung lượng của pin. Nếu dung lượng còn lại của pin lớn hơn giá trị dung lượng pin tối thiểu, tức là  $SOC_{Bat} > SOC_{Batmin}$ , thì xả pin, trái lại nếu dung lượng còn lại của pin nhỏ hơn hoặc bằng giá trị dung lượng pin tối thiểu thì cắt phụ tải.

Nếu mạng cung cấp điện được nối vào lưới hệ thống thì sạc cho pin và/hoặc nạp cho siêu tụ nếu dung lượng còn lại của pin và/hoặc siêu tụ nhỏ hơn giá trị dung lượng pin tối đa và/hoặc giá trị dung lượng siêu tụ tối đa.

Như cũng được thể hiện trên Hình 2, khi mạng cung cấp điện được nối vào lưới hệ thống thì kiểm tra trạng thái dung lượng của pin. Nếu dung lượng còn lại của pin nhỏ hơn giá trị dung lượng pin tối đa, tức là  $SOC_{Bat} < SOC_{Batmax}$ , thì sạc cho pin, và tiếp theo kiểm tra trạng thái dung lượng của siêu tụ. Nếu dung lượng còn lại của siêu tụ nhỏ hơn giá trị dung lượng siêu tụ tối đa, tức là  $SOC_{SC} < SOC_{SCmax}$ , thì nạp cho siêu

tụ, trái lại nếu dung lượng còn lại của siêu tụ lớn hơn hoặc bằng giá trị dung lượng siêu tụ tối đa thì dừng nạp cho siêu tụ.

Nếu dung lượng còn lại của pin lớn hơn hoặc bằng giá trị dung lượng pin tối đa thì dừng sạc cho pin, và tiếp theo kiểm tra trạng thái dung lượng của siêu tụ, nếu dung lượng còn lại của siêu tụ nhỏ hơn giá trị dung lượng siêu tụ tối đa, tức là  $SOC_{SC} < SOC_{SCmax}$ , thì nạp cho siêu tụ, trái lại nếu dung lượng còn lại của siêu tụ lớn hơn hoặc bằng giá trị dung lượng siêu tụ tối đa thì dừng nạp cho siêu tụ.

Dễ thấy là, chiến thuật điều khiển được sử dụng trong phương pháp điều khiển ổn định cung cấp điện theo sáng chế luôn ưu tiên việc xả từ siêu tụ trước tiên khi các điều kiện xả của siêu tụ được đáp ứng, để hướng tới việc bù công suất nhanh nhất có thể cho mạng cung cấp điện khi có sự biến động nhanh về công suất, ví dụ khi mạng cung cấp điện được ngắt ra khỏi lưới hệ thống, để đảm bảo sự ổn định cung cấp điện trong khoảng thời gian ngắn. Đồng thời cũng luôn ưu tiên việc sạc cho pin trước tiên khi các điều kiện sạc của pin được đáp ứng, để tối đa hoá lượng lưu trữ năng lượng trong pin, được cho là có thể kéo dài khoảng thời gian ổn định cung cấp điện. Hơn nữa, do các đặc tính khác nhau của pin và siêu tụ, việc ưu tiên sạc pin trước tiên cũng giảm thiểu khả năng pin bị xả sâu nhiều lần hoặc có thể bị cạn kiệt dẫn đến vấn đề chai pin, giảm hiệu quả và độ bền của pin.

Hay nói cách khác, sáng chế hướng tới việc ổn định cung cấp điện trong khoảng thời gian ngắn và kéo dài tối đa khả năng cung cấp điện ổn định này sử dụng các nguồn năng lượng được lưu trữ trong pin và siêu tụ. Trong nhiều trường hợp, mạng cung cấp điện có thể nhanh chóng được nối vào lưới hệ thống trở lại, ví dụ chuyển đổi giữa các nguồn điện phân tán và/hoặc lưới điện chính, để việc cung cấp điện lại quay trở lại bình thường. Vì vậy, việc tối đa khả năng cung cấp điện ổn định này sử dụng các nguồn năng lượng được lưu trữ trong pin và siêu tụ được cho là có vai trò quan trọng để ổn định tốt hơn khả năng cung cấp điện trong mạng cung cấp điện.

Bên cạnh đó, việc bảo vệ pin cũng được cho là hết sức quan trọng, do đó sáng chế thực hiện việc kiểm tra khi dung lượng còn lại của pin nhỏ hơn hoặc bằng giá trị dung lượng pin tối thiểu, tức là  $SOC_{Bat} \leq SOC_{Batmin}$ , thì cắt phụ tải, có thể giúp bảo

vệ pin tránh khả năng pin bị xả quá sâu hoặc bị cạn kiệt.

Trên Hình 3 thể hiện một ví dụ về bộ biến đổi DC/AC theo sáng chế. Nói chung, bộ biến đổi DC/AC này có thể sử dụng các phần tử chuyển mạch bán dẫn là các IGBT và áp dụng các cấu trúc phổ biến trong các kỹ thuật trước đó mà đã biết với người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật.

Đối với mạng cung cấp điện theo sáng chế, thì bộ biến đổi DC/AC cung cấp nguồn điện AC, ví dụ thay thế tạm thời cho lưới hệ thống, do đó việc điều khiển ổn định các thông số nguồn điện AC là đầu ra từ bộ biến đổi DC/AC này được cho là quan trọng, ví dụ điều khiển để ổn định dòng điện, điện áp, và tần số, chẳng hạn.

Trên Hình 4 thể hiện sơ đồ mạch điều khiển để điều khiển để điều khiển ổn định dòng điện, điện áp, và tần số của nguồn AC đầu ra từ bộ biến đổi DC/AC, và do đó ổn định dòng điện, điện áp, và tần số của mạng cung cấp điện.

Như được thể hiện trên hình vẽ, khi mạng cung cấp điện được ngắt khỏi lưới hệ thống, bộ biến đổi DC/AC được điều khiển để ổn định dòng điện, điện áp, và tần số của mạng cung cấp điện, việc điều khiển này được xây dựng trên hệ trục tọa độ quay dq, và sử dụng vòng lặp điều khiển dòng điện bên trong, lấy các thông số đầu vào từ bộ điều khiển điện áp bên ngoài để đưa ra các véc tơ tín hiệu đầu ra cho bộ điều khiển, trong đó các đại lượng dòng điện tham chiếu đầu vào của vòng lặp điều khiển dòng điện được xác định như sau:

$$i_{dref1} = i_{Ld1} + (V_{dref1} - V_d) \frac{k_{pd} + k_{id}}{s} - V_q \omega C \quad (1)$$

$$i_{qref1} = i_{Lq1} + (V_{dref1} - V_q) \frac{k_{pq} + k_{iq}}{s} - V_d \omega C \quad (2)$$

trong đó  $i_{dref1}$ ,  $i_{qref1}$  lần lượt là các đại lượng dòng điện tham chiếu đầu vào của vòng lặp điều khiển dòng điện,  $V_{dref1}$ ,  $V_{qref1}$  lần lượt là các đại lượng điện áp tham chiếu đầu vào của vòng lặp điều khiển điện áp,  $k_{pd}$ ,  $k_{id}$ ,  $k_{pq}$ ,  $k_{iq}$  lần lượt là các tham số của các bộ điều khiển PI (Proportional Integral), và  $\omega$  là tần số góc.

Tham số góc  $\theta$  có thể được xác định như sau:

$$\theta = \int [\omega^* + (P^* - P)m_p] . dt \quad (3)$$

Trên Hình 4 cũng thể hiện các phần tử khác, được cho là các phần tử được sử dụng phổ biến trong lĩnh vực kỹ thuật này và được biết rõ bởi người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật, do đó các mô tả chi tiết liên quan được dự định lược bỏ để tập trung hơn và các đặc điểm khác của sáng chế.

Trên Hình 5 thể hiện sơ đồ mạch điều khiển để điều khiển để điều khiển ổn định dòng điện và điện áp của mạng cung cấp điện, áp dụng khi mạng cung cấp điện được nối vào lưới hệ thống.

Như được thể hiện trên hình vẽ, việc điều khiển này được xây dựng trên hệ trục tọa độ quay dq, và sử dụng vòng lặp điều khiển lấy thông số từ các giá trị tham chiếu để đưa ra véc tơ tín hiệu đầu ra cho bộ điều khiển, trong đó đại lượng dòng điện tham chiếu đầu vào của vòng lặp điều khiển dòng điện trên trục d được xác định như sau:

$$i_{dref2} = \left[ V^* - (Q^* - Q)n_Q - V_{dc} \right] \frac{k_{pv} + k_{iv}}{s} \quad (4)$$

trong đó  $i_{dref1}$  là đại lượng dòng điện tham chiếu đầu vào của vòng lặp điều khiển dòng điện trên trục d,  $V^*$ ,  $Q^*$  lần lượt là công suất tác dụng danh định và công suất phản kháng danh định,  $k_{pv}$ ,  $k_{iv}$  lần lượt là các tham số của các bộ điều khiển PI.

Trương tự như nêu trên, một số phần tử khác được thể hiện trên hình vẽ cũng được dự định lược bỏ các mô tả chi tiết liên quan để tập trung hơn và các đặc điểm khác của sáng chế.

Trên Hình 6 thể hiện một ví dụ về bộ biến đổi hai chiều DC/DC theo sáng chế, có cấu trúc dùng chung cho cả hai bộ biến đổi hai chiều DC/DC thứ nhất và thứ hai, được áp dụng cho pin hoặc siêu tụ. Bộ biến đổi hai chiều DC/DC sử dụng các IGBT  $S_C$  và  $S_{DC}$  được điều khiển bằng các xung điều khiển.

Nói chung, việc điều khiển để ổn định dòng điện và điện áp DC trước khi đưa vào bộ biến đổi DC/AC được cho là cần thiết.

Trên Hình 7 thể hiện sơ đồ mạch điều khiển để điều khiển để điều khiển ổn định

dòng điện và điện áp đầu ra của bộ biến đổi hai chiều DC/DC.

Như được thể hiện trên hình vẽ, việc điều khiển này sử dụng vòng lặp điều khiển dòng điện bên trong để lấy các thông số đầu vào từ bộ điều khiển điện áp bên ngoài, các bộ điều khiển PI, và bộ điều khiển PWM (Pulse Width Modulation), để đưa ra các xung điều khiển cấp cho các phần tử chuyển mạch  $S_C$  và  $S_{DC}$ .

Tất nhiên là sáng chế có thể sử dụng các bộ điều khiển bất kỳ thích hợp để thay thế cho các bộ điều khiển có sơ đồ mạch điều khiển như được thể hiện trên các hình vẽ Hình 4, Hình 5, và Hình 7, mà hiển nhiên đối với người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật.

Nhằm cung cấp thêm các thông tin bổ trợ để thể hiện rõ về tính hiệu quả của sáng chế, sự mô phỏng theo phương pháp điều khiển ổn định cung cấp điện theo sáng chế đã được thực hiện và được đưa ra dưới đây.

Trước tiên, các phần tử cơ bản trong mạng cung cấp điện áp dụng phương pháp theo sáng chế sẽ được mô hình hoá, sau đó các bộ điều khiển và chiến lược điều khiển theo phương pháp điều khiển ổn định cung cấp điện sẽ được thiết kế và áp dụng.

### *Pin*

Mô hình toán của pin có thể bao gồm một mạch tương đương Thevenin để mô tả đặc tính điện áp-dòng của pin, và một mạch tương đương thời gian để mô tả tuổi thọ, dung lượng, trạng thái sạc (SOC) và thời gian hoạt động của pin. Dựa trên mô hình toán có thể dự đoán hoạt động của pin trong các hệ thống điện nhằm ra các giải pháp phù hợp để cải thiện hiệu suất và tuổi thọ của chúng dựa trên các thông số mạch tương đương với các nguồn và các thành phần dẫn động, bao gồm các điện trở và điện dung.

Hình 8 và Hình 9 là ví dụ về hai mạch tương đương, trong đó Hình 8 thể hiện mô hình xác định thời lượng pin đặc trưng cho tuổi thọ, dung lượng, trạng thái sạc (SOC), thời gian chạy của pin; và Hình 9 thể hiện mô hình đặc tính V-I của pin đặc trưng cho đặc tính điện áp-dòng của pin.

Tham chiếu tới Hình 8, mô hình xác định thời lượng pin bao gồm điện trở  $R_{self}$  thể hiện năng lượng tự xả mất đi trong quá trình lưu trữ; một nguồn dòng phụ thuộc

vào dòng điện để sạc và xả ( $I_{batt}$ ) và một điện tích ( $C_{cap}$ ) đưa ra tình trạng của pin (SOC) như một giá trị giảm điện áp,  $V_{SOC}$ , với giá trị từ 0 đến 1. Giá trị điện tích  $C_{cap}$  đặc trưng cho toàn bộ lượng điện tích được lưu trữ trong pin và có thể được tính toán như sau:

$$C_{cap} = 3600.C_n.f_1(T).f_2(n).f_3(i) \quad (5)$$

trong đó:

$C_n$  là dung lượng định mức của pin (Ah).

$f_1(T)$ ,  $f_2(n)$  và  $f_3(i)$  là các hệ số điều chỉnh phụ thuộc vào nhiệt độ, số chu kỳ và dòng điện tương ứng.

Tham chiếu tới Hình 9, tất cả các phần tử của mạch tương đương đều phụ thuộc SOC. Đặc tính không tuyến tính của điện áp/dòng điện được tích hợp thông qua nguồn điện phụ thuộc vào điện áp ( $V_o$ ), và một điện trở ( $R_s$ ) chịu trách nhiệm cho sự thay đổi điện áp. Một số mạch RC song song, gồm  $R_i$  và  $C_i$ , được kết nối nối tiếp nhau để cung cấp những hằng số thời gian khác nhau. Thông thường, ba mạch RC với các hằng số thời gian khác nhau được xem là đủ để đáp ứng các mục đích thực tế phổ biến nhất. Các tham số này được xác định có thể được xác định bởi các phương trình sau đây:

$$SOC(t) = SOC_0 - \frac{1}{C_{cap}} \int_0^t i(t).d(t) \quad (6)$$

$$V_t = V_{oc}(SOC, T) - i_{bat}(t).R_{bat}(SOC, T) + i_{bat}(t).R_t \quad (7)$$

$$R_t = (R_1(SOC))e^{\frac{-1}{R_1(SOC).C_1(SOC)}t} + (R_2(SOC))e^{\frac{-1}{R_2(SOC).C_2(SOC)}t} + (R_3(SOC))e^{\frac{-1}{R_3(SOC).C_3(SOC)}t} \quad (8)$$

trong đó:  $VC1$ ,  $VC2$  và  $VC3$  là điện áp qua các tụ điện, và  $VRs$  là sự giảm điện áp qua điện trở nội  $R_s$ .

### *Siêu tụ*

Siêu tụ là một loại tụ điện phân cực sử dụng dung dịch điện phân thay cho chất điện môi. Siêu tụ có khả năng lưu trữ năng lượng và có thể sạc/xả nhanh và cũng cấp năng lượng cao trong một khoảng thời gian rất ngắn, có khả năng xả sâu mà không gây

ảnh hưởng tới tuổi thọ của siêu tụ, điều này là một ưu điểm của siêu tụ so với pin axit chì hay pin Li-On.

Hình 10 thể hiện sơ đồ thay thế của siêu tụ.

Như được thể hiện trên Hình 10, mô hình tương đương của siêu tụ sử dụng các phần tử thụ động như điện trở và tụ điện. Đặc trưng cho quá trình tự phóng điện của tụ được mô hình hóa bằng  $R_{sd}$ , điện trở của tế bào và điện trở nối tiếp được thay thế bằng điện trở nối tiếp  $R_s$  và các phần tử RC, các phần tử  $R_{ss}, C_{ss}$  đặc trưng cho đặc tính quá độ. Điện dung của siêu tụ được tính bởi:

$$C_c(V_{0i}) = \frac{\Delta Q_i}{\Delta V_{0i}} = \frac{\sum_i I_i(t) \Delta t}{\Delta V_{0i}} \quad (9)$$

trong đó:  $C_c(V_{0i})$  là điện dung bên trong tại điểm  $i$ ,  $I_i$  là dòng điện tỷ lệ tại điểm  $i$ , và  $Q_i$  là điện tích của điểm lưu trữ thứ  $i$ .

#### *Bộ biến đổi hai chiều DC/DC*

Bộ biến đổi hai chiều DC/DC có vai trò biến đổi điện áp đầu vào, là mạch sạc cho pin và siêu tụ, và đồng thời làm nhiệm vụ ổn định điện áp một chiều trước khi đưa vào bộ biến đổi DC/AC.

Theo một hoặc một số phương án ưu tiên của sáng chế, bộ biến đổi hai chiều DC/DC có sơ đồ mạch điện như được thể hiện trên Hình 6 và được điều khiển bởi bộ điều khiển như được thể hiện trên Hình 7.

Khi thực hiện xả, mạch hoạt động ở hai chế độ: chế độ liên tục và chế độ không liên tục. Khi ở chế độ dòng liên tục, năng lượng tích lũy trong cuộn cảm đủ để duy trì dòng điện đến chu kỳ đóng/cắt tiếp theo, điện áp đầu ra lớn hơn điện áp đầu vào, khi đó điện áp ra của bộ biến đổi hai chiều DC/DC là:

$$V_{out} = \frac{1}{1-k} V_{in} \quad (10)$$

Ở chế độ dòng không liên tục điện áp đầu ra của bộ biến đổi là:

$$V_{in} k T + (V_{in} - V_{out}) \Delta_1 T = 0 \quad (11)$$

$$V_{out} = \frac{\Delta_1 + k}{\Delta_1} V_{in} \quad (12)$$

trong đó:

$V_{out}$  là điện áp đầu ra của bộ biến đổi

$V_{in}$  là điện áp vào của bộ biến đổi

$k$  là chu kỳ nhiệm vụ

$T$  là thời gian chuyển mạch

$\Delta_1$  là khoảng thời gian điện áp cuộn cảm âm.

Quá trình nạp xả của tụ điện được xác định bởi phương trình:

$$\frac{C}{2} \frac{dv_{dc}^2}{dt} = P_{BESS} - P_{AC} \quad (13)$$

$$P_{AC} = v_d i_d + v_q i_q \quad (14)$$

Chế độ hoạt động của pin

$$\text{Chế độ xả: } V_{batt} = E_0 - R.i - K \frac{Q}{Q - it} (it + i^*) + A.e^{(-B.it)} \quad (15)$$

$$\text{Chế độ nạp: } V_{batt} = E_0 - R.i - K \frac{Q}{it - 0,1Q} i^* - K \frac{Q}{Q - it} it + e' \quad (16)$$

### Bộ biến đổi DC/AC

Bộ biến đổi DC/AC chuyển đổi nguồn điện một chiều DC từ nguồn năng lượng tích lũy trong bộ pin và siêu tụ thành nguồn điện xoay chiều AC để cung cấp cho các phụ tải trong mạng cung cấp điện. Bộ biến đổi DC/AC có khả năng tạo ra một nguồn điện AC đầu ra với điện áp và tần số tùy chỉnh để phù hợp với các phụ tải khác nhau.

Theo một hoặc một số phương án ưu tiên của sáng chế, bộ chuyển đổi DC/AC có sơ đồ mạch điện như được thể hiện trên Hình 3 và có thể được điều khiển ở các chế độ khác nhau bởi các bộ điều khiển như được thể hiện trên Hình 4 hoặc Hình 5.

Theo một phương án ưu tiên, bộ chuyển đổi DC/AC có cấu trúc điều khiển vòng kép. Vòng điều khiển bên ngoài chịu trách nhiệm điều khiển điện áp DC và công suất

phản kháng. Vòng điều khiển bên trong chịu trách nhiệm điều khiển dòng điện, vòng lặp này điều khiển điện áp đầu ra của bộ chuyển đổi bằng một bộ điều khiển PI được thiết kế trên trục quay vuông góc dq, một mạch khóa pha PLL được sử dụng để duy trì đồng bộ giữa tín hiệu đầu vào và tín hiệu đầu ra và tính toán các pha của AC. Phương trình điện áp của bộ điều khiển PI được đề xuất như sau:

$$\begin{cases} u_d^* = e_d - \omega L i_q + (k_p + \frac{k_i}{s})(i_{dref} - i_d) \\ u_q^* = e_q + \omega L i_d + (k_p + \frac{k_i}{s})(i_{qref} - i_q) \end{cases} \quad (17)$$

#### *Ví dụ thực hiện mô phỏng*

Tiếp theo, ví dụ thực hiện mô phỏng của phương pháp điều khiển ổn định cung cấp điện theo sáng chế sẽ được mô tả.

Các mô hình toán, các sơ đồ thay thế, và/hoặc các cấu trúc mạch trên đây được sử dụng với các thông số của các phần tử được cho trong Bảng 1 và Bảng 2. Quá trình mô phỏng diễn ra trong chế độ mạng cung cấp điện nối với lưới hệ thống ở chế độ tách đảo. Ban đầu phụ tải 1 hoạt động với công suất tác dụng là 150kW và công suất phản kháng là 20kVAr. Tại thời điểm  $t = 3$  giây, hệ thống bắt đầu ngắt lưới hệ thống và có sự thay đổi công suất phụ tải ở thời điểm 6s, lúc này mạng phân phối điện có thêm công suất của phụ tải 2 với các giá trị công suất tương đương với phụ tải 1. Khi có sự thay đổi phụ tải, công suất phát của pin cũng như siêu tụ cần được tăng lên nhằm cân bằng công suất trong lưới điện.

Bảng 1. Thông số lưới và phụ tải

| Thông số               | Giá trị | Thông số          | Giá trị     |
|------------------------|---------|-------------------|-------------|
| Điện áp bộ lưu điện    | 500 V   | Phụ tải 1         | 150+j20 kVA |
| Dung lượng bộ lưu điện | 500 Ah  | Phụ tải 2         | 100+j20 kVA |
| Điện áp siêu tụ        | 600 V   | Điện dung siêu tụ | 20 F        |

Bảng 2. Thông số điều khiển

| Thông số | Giá trị | Thông số | Giá trị |
|----------|---------|----------|---------|
| $L_{fl}$ | 0,17mH  | $k_{pd}$ | 0,6     |

|          |                |          |        |
|----------|----------------|----------|--------|
| $R_{fl}$ | 0,54m $\Omega$ | $k_{id}$ | $10^4$ |
| $C_{fl}$ | 10mF           | $k_{pq}$ | -0,03  |
| $k_{pv}$ | 2,5            | $k_{iq}$ | -55    |
| $k_{iv}$ | 100            | $k_{pc}$ | 2,5    |
| $T_d$    | 0,01s          | $k_{ic}$ | 625    |

Kết quả mô phỏng được thể hiện thông qua các đồ thị trên các hình vẽ từ Hình 11A đến Hình 16B, và như được tổng hợp vắn tắt lại dưới đây.

Hình 11A và Hình 11B thể hiện đặc tính của pin khi mạng cung cấp điện được ngắt khỏi lưới hệ thống và thay đổi công suất phụ tải điện được đánh giá thông qua thông số SOC (%) của pin. Hình 12A và Hình 12B thể hiện đặc tính của siêu tụ khi mạng cung cấp điện được ngắt khỏi lưới hệ thống và thay đổi công suất phụ tải điện được đánh giá thông qua thông số SOC (%) của siêu tụ.

Các đồ thị trên các hình vẽ cho thấy thời điểm mạng cung cấp điện chưa ngắt khỏi lưới hệ thống, pin và siêu tụ đều có xu hướng sạc. Khi đó pin và siêu tụ lúc này đều bám lưới, sau thời gian ngắt lưới lớn tại thời điểm 3s, siêu tụ và pin bắt đầu xả; lúc này, pin giữ vai trò định hình lưới trong khi đó siêu tụ vẫn giữ ở trạng thái bám lưới.

Hình 13A và Hình 13B thể hiện đặc tính mô phỏng tần số lưới điện.

Các đồ thị trên các hình vẽ cho thấy, mức độ dao động của tần số lưới điện khi ngắt lưới lớn ở thời điểm 3s và khi có sự thay đổi công suất ở thời điểm 6s có mức độ ổn định tốt.

Hình 14A và Hình 14B thể hiện các đặc tính liên quan đến công suất tác dụng và công suất phản kháng của lưới điện.

Quá trình mô phỏng diễn ra trong chế độ hệ thống nối lưới ở chế độ tách đảo, ngắt lưới lớn ở thời điểm 3s và có sự thay đổi công suất tải ở thời điểm 6s, phụ tải 1 được tăng công suất từ 150 kW lên 250 kW. Công suất phát của bộ lưu điện và siêu tụ dao động sau khi ngắt lưới lớn khỏi hệ thống tại thời điểm 3s, khi phụ tải thay đổi tại thời điểm 6s, công suất pin và siêu tụ cũng thay đổi nhằm cân bằng công suất trong

lưới. Kết quả là công suất tác dụng và công suất phản kháng được ổn định nhanh chóng.

Hình 15A và Hình 15B thể hiện các đặc tính liên quan đến dòng điện khi mạng cung cấp điện được ngắt khỏi lưới hệ thống và thay đổi phụ tải. Hình 16A và Hình 16B thể hiện các đặc tính liên quan đến điện áp khi mạng cung cấp điện được ngắt khỏi lưới hệ thống và thay đổi phụ tải.

Các đồ thị trên các hình vẽ cho thấy, dòng điện và điện áp của mạng cung cấp điện (dòng điện và điện áp lưới) được giữ ổn định trong giới hạn trước khi có sự can thiệp của các cấp điều khiển tiếp theo.

Tóm lại, ví dụ mô phỏng trên đây cho thấy phương pháp điều khiển ổn định cung cấp điện theo sáng chế đáp ứng tốt các yêu cầu đặt ra để áp cho mạng cung cấp điện độc lập, giúp ổn định việc cung cấp điện cho lưới điện trong khoảng thời gian ngắn khi mạng cung cấp điện được ngắt khỏi hoặc nối vào lưới hệ thống.

Hiển nhiên là người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật có thể áp dụng phương pháp điều khiển ổn định cung cấp điện theo sáng chế kết hợp với các phương pháp hoặc cấp điều khiển tiếp theo mà không có giới hạn bất kỳ.

Trên đây, sáng chế đã được mô tả chi tiết theo các phương án ưu tiên thực hiện, và có thể kèm theo các phương án thay thế hoặc tương đương hoặc các ví dụ cụ thể, sử dụng các mô tả và thuật ngữ phù hợp để người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật này có thể hiểu và thực hiện được giải pháp theo sáng chế. Vì vậy, người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật tương ứng có thể dễ dàng tạo ra các thay đổi, cải biến, hoặc thay thế tương đương dựa vào các nội dung và phương án được mô tả. Do đó, các thay đổi, cải biến, hoặc thay thế tương đương này được coi là không nằm ngoài phạm vi của sáng chế, và phạm vi bảo hộ của sáng chế hiển nhiên là không bị giới hạn bởi các nội dung và phương án được mô tả mà được xác định trong yêu cầu bảo hộ dưới đây.

## Yêu cầu bảo hộ

### 1. Phương pháp điều khiển ổn định lưới điện,

trong đó phương pháp này thích hợp để sử dụng cho các mạng cung cấp điện độc lập để ổn định việc cung cấp điện cho lưới điện trong khoảng thời gian ngắn khi mạng cung cấp điện được ngắt khỏi hoặc nối vào lưới hệ thống,

mạng cung cấp điện độc lập sử dụng pin, siêu tụ, và một bộ biến đổi DC/AC, trong đó bộ biến đổi DC/AC làm việc được ở cả hai chế độ là biến đổi từ DC thành AC và từ AC thành DC, pin được nối với bộ biến đổi DC/AC thông qua bộ biến đổi hai chiều DC/DC thứ nhất và siêu tụ được nối với bộ biến đổi DC/AC thông qua bộ biến đổi hai chiều DC/DC thứ hai, sao cho các bộ biến đổi hai chiều DC/DC thứ nhất và thứ hai và có vai trò giúp pin và siêu tụ xả và sạc,

phương pháp này bao gồm các bước:

xác định, mỗi khi có sự thay đổi trạng thái giữa mạng cung cấp điện và lưới hệ thống, mạng cung cấp điện được ngắt khỏi lưới hệ thống hay mạng cung cấp điện được nối vào lưới hệ thống,

(i) nếu mạng cung cấp điện được ngắt khỏi lưới hệ thống thì kiểm tra trạng thái dung lượng của siêu tụ,

(i.1) nếu dung lượng còn lại của siêu tụ lớn hơn giá trị dung lượng siêu tụ tối thiểu thì xả siêu tụ, và tiếp theo kiểm tra trạng thái dung lượng của pin,

nếu dung lượng còn lại của pin lớn hơn giá trị dung lượng pin tối thiểu thì xả pin, nếu dung lượng còn lại của pin nhỏ hơn hoặc bằng giá trị dung lượng pin tối thiểu thì cắt phụ tải,

(i.2) nếu dung lượng còn lại của siêu tụ nhỏ hơn hoặc bằng giá trị dung lượng siêu tụ tối thiểu thì kiểm tra trạng thái dung lượng của pin,

nếu dung lượng còn lại của pin lớn hơn giá trị dung lượng pin tối thiểu thì xả pin, nếu dung lượng còn lại của pin nhỏ hơn hoặc bằng giá trị dung lượng pin tối thiểu thì cắt phụ tải,

(ii) nếu mạng cung cấp điện được nối vào lưới hệ thống thì sạc cho pin và/hoặc nạp cho siêu tụ nếu dung lượng còn lại của pin và/hoặc siêu tụ nhỏ hơn giá trị dung lượng pin tối đa và/hoặc giá trị dung lượng siêu tụ tối đa.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó khi mạng cung cấp điện được ngắt khỏi lưới hệ thống, bộ biến đổi DC/AC được điều khiển để ổn định dòng điện, điện áp, và tần số của mạng cung cấp điện,

trong đó việc điều khiển này được xây dựng trên hệ trục tọa độ quay dq, và sử dụng vòng lặp điều khiển dòng điện bên trong, lấy các thông số đầu vào từ bộ điều khiển điện áp bên ngoài để đưa ra các véc tơ tín hiệu đầu ra cho bộ điều khiển, trong đó các đại lượng dòng điện tham chiếu đầu vào của vòng lặp điều khiển dòng điện được xác định như sau:

$$i_{dref1} = i_{Ld1} + (V_{dref1} - V_d) \frac{k_{pd} + k_{id}}{s} - V_q \omega C$$

$$i_{qref1} = i_{Lq1} + (V_{dref1} - V_q) \frac{k_{pq} + k_{iq}}{s} - V_d \omega C$$

trong đó  $i_{dref1}$ ,  $i_{qref1}$  lần lượt là các đại lượng dòng điện tham chiếu đầu vào của vòng lặp điều khiển dòng điện,  $V_{dref1}$ ,  $V_{qref1}$  lần lượt là các đại lượng điện áp tham chiếu đầu vào của vòng lặp điều khiển điện áp,  $k_{pd}$ ,  $k_{id}$ ,  $k_{pq}$ ,  $k_{iq}$  lần lượt là các tham số của các bộ điều khiển PI (Proportional Integral), và  $\omega$  là tần số góc.

3. Phương pháp theo điểm 1, trong đó khi mạng cung cấp điện được nối vào lưới hệ thống, bộ biến đổi DC/AC được điều khiển để ổn định dòng điện và điện áp của mạng cung cấp điện,

trong đó việc điều khiển này được xây dựng trên hệ trục tọa độ quay dq, và sử dụng vòng lặp điều khiển lấy thông số từ các giá trị tham chiếu để đưa ra véc tơ tín hiệu đầu ra cho bộ điều khiển, trong đó đại lượng dòng điện tham chiếu đầu vào của vòng lặp điều khiển dòng điện trên trục d được xác định như sau:

$$i_{dref2} = \left[ V^* - (Q^* - Q)n_Q - V_{dc} \right] \frac{k_{pv} + k_{iv}}{s}$$

trong đó  $i_{dref1}$  là đại lượng dòng điện tham chiếu đầu vào của vòng lặp điều khiển dòng điện trên trục d,  $V^*$ ,  $Q^*$  lần lượt là công suất tác dụng danh định và công suất phản kháng danh định,  $k_{pv}$ ,  $k_{iv}$  lần lượt là các tham số của các bộ điều khiển PI.

4. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó các bộ biến đổi hai chiều DC/DC thứ nhất và thứ hai được điều khiển để ổn định điện áp DC trước khi đưa vào bộ biến đổi DC/AC,

trong đó việc điều khiển này sử dụng vòng lặp điều khiển dòng điện bên trong để lấy các thông số đầu vào từ bộ điều khiển điện áp bên ngoài, các bộ điều khiển PI, và bộ điều khiển PWM (Pulse Width Modulation), để đưa ra các xung điều khiển cấp cho các phần tử chuyển mạch của các bộ biến đổi hai chiều DC/DC thứ nhất và thứ hai, ưu tiên là các IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor).

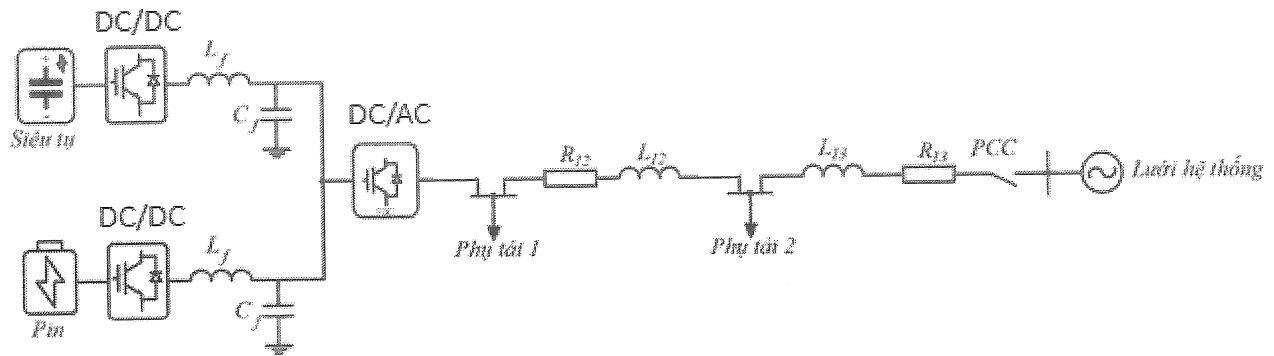
5. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, trong đó:

nếu mạng cung cấp điện được nối vào lưới hệ thống thì kiểm tra trạng thái dung lượng của pin,

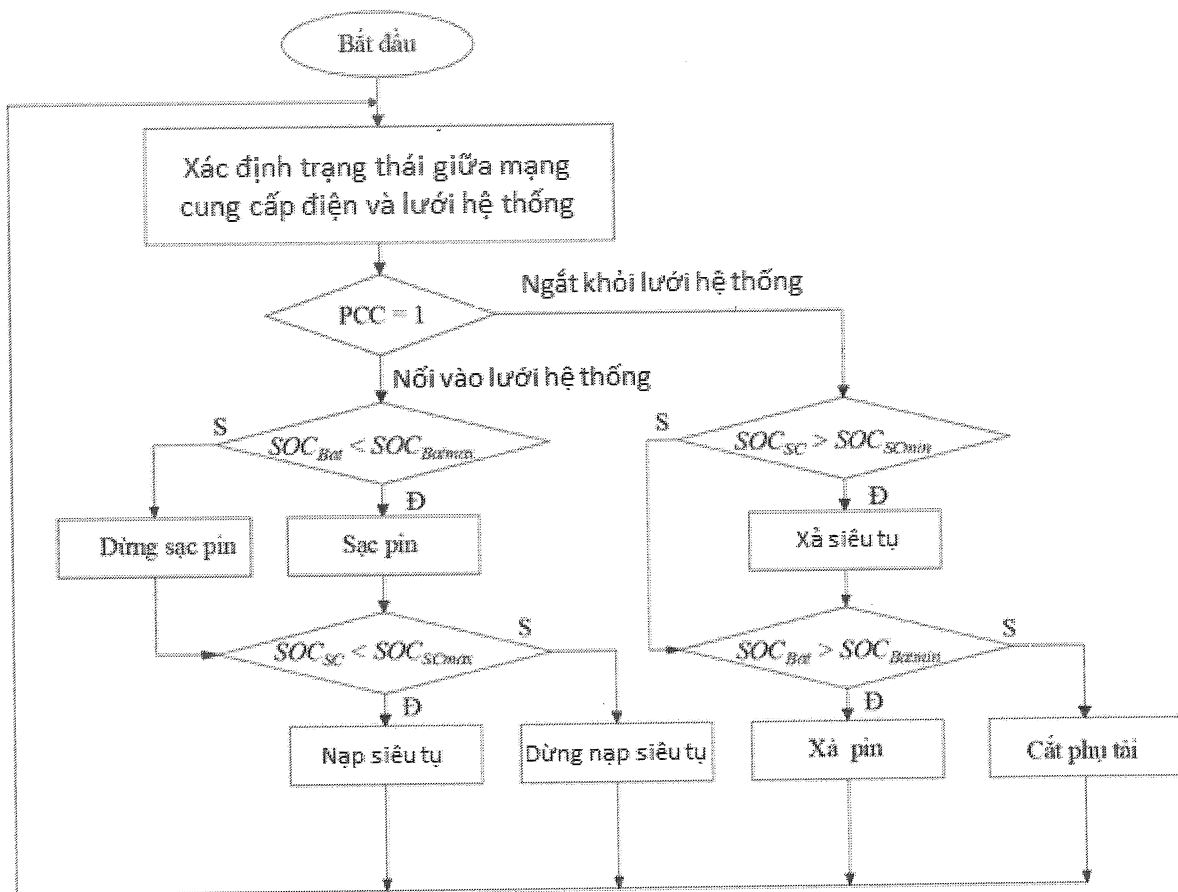
nếu dung lượng còn lại của pin nhỏ hơn giá trị dung lượng pin tối đa thì sạc cho pin, và tiếp theo kiểm tra trạng thái dung lượng của siêu tụ, nếu dung lượng còn lại của siêu tụ nhỏ hơn giá trị dung lượng siêu tụ tối đa thì nạp cho siêu tụ, nếu dung lượng còn lại của siêu tụ lớn hơn hoặc bằng giá trị dung lượng siêu tụ tối đa thì dừng nạp cho siêu tụ,

nếu dung lượng còn lại của pin lớn hơn hoặc bằng giá trị dung lượng pin tối đa thì dừng sạc cho pin, và tiếp theo kiểm tra trạng thái dung lượng của siêu tụ, nếu dung lượng còn lại của siêu tụ nhỏ hơn giá trị dung lượng siêu tụ tối đa thì nạp cho siêu tụ, nếu dung lượng còn lại của siêu tụ lớn hơn hoặc bằng giá trị dung lượng siêu tụ tối đa thì dừng nạp cho siêu tụ.

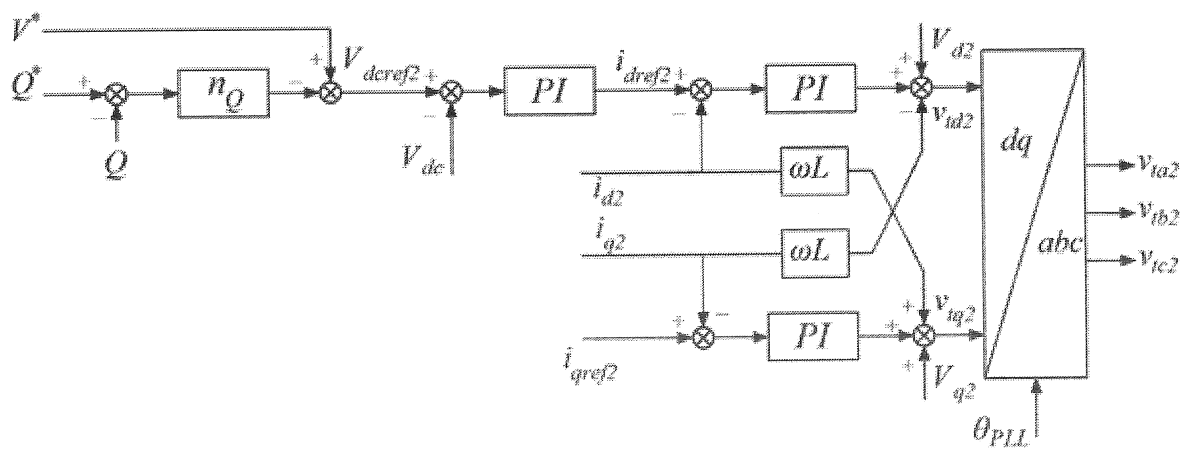
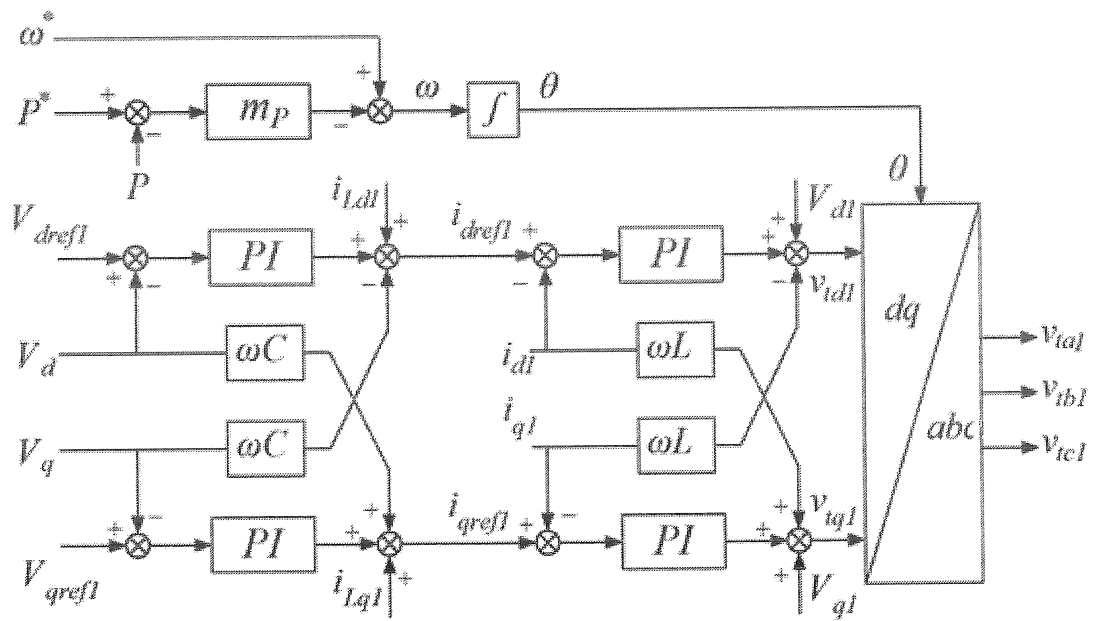
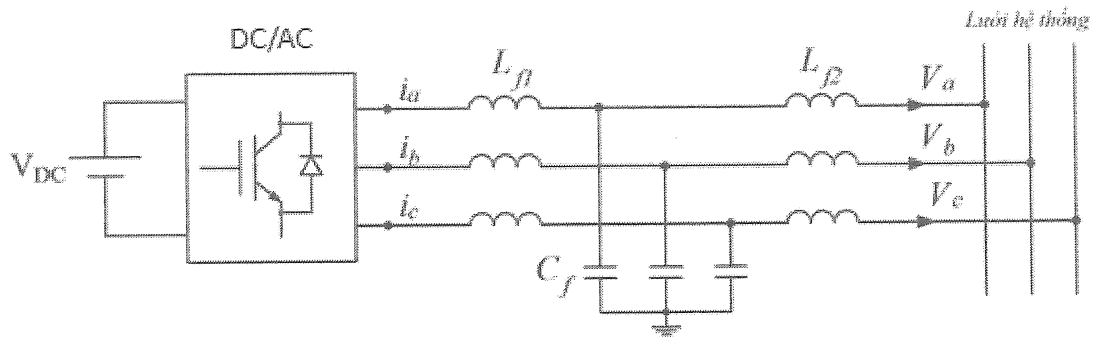
6. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5, trong đó mạng cung cấp điện bao gồm nhiều hơn một hoặc một nhóm phụ tải, mỗi phụ tải hoặc nhóm phụ tải được cắt hoặc nối với mạng cung cấp điện một cách độc lập.

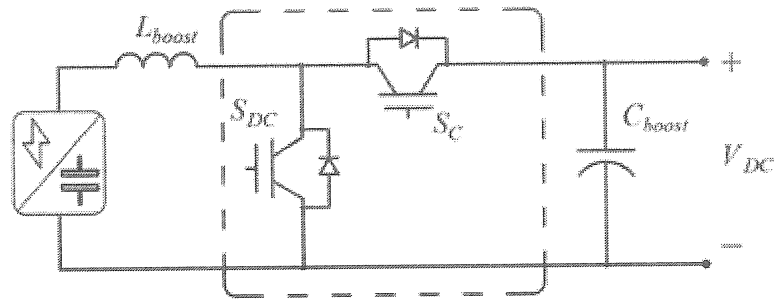


Hình 1

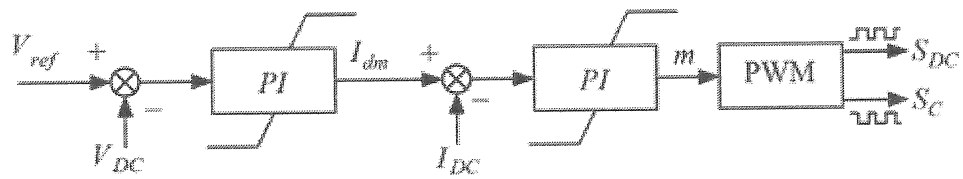


Hình 2

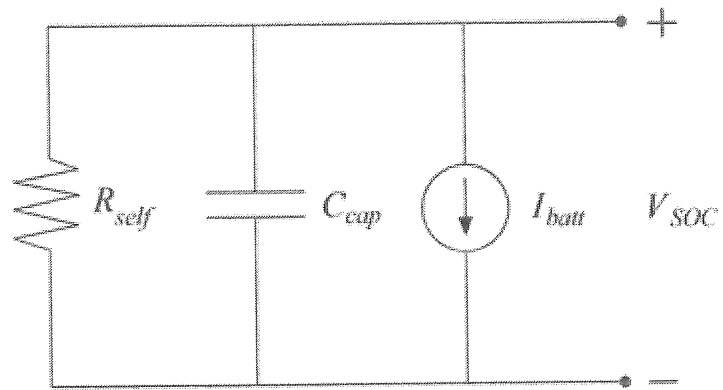




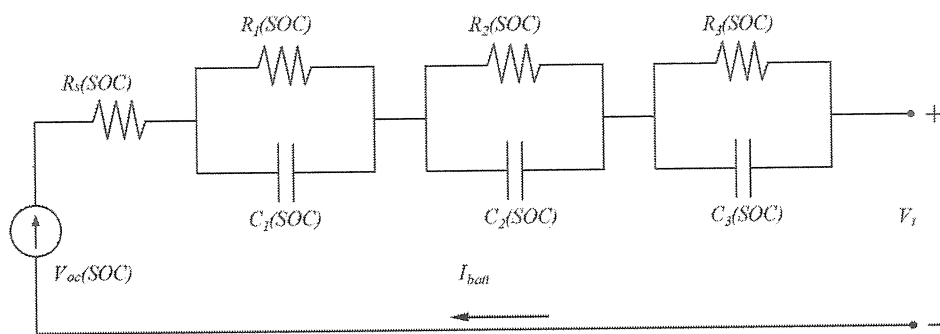
Hình 6



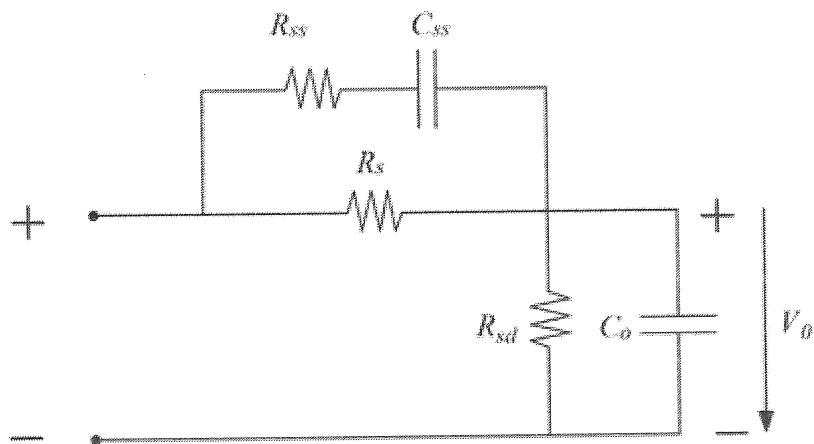
Hình 7



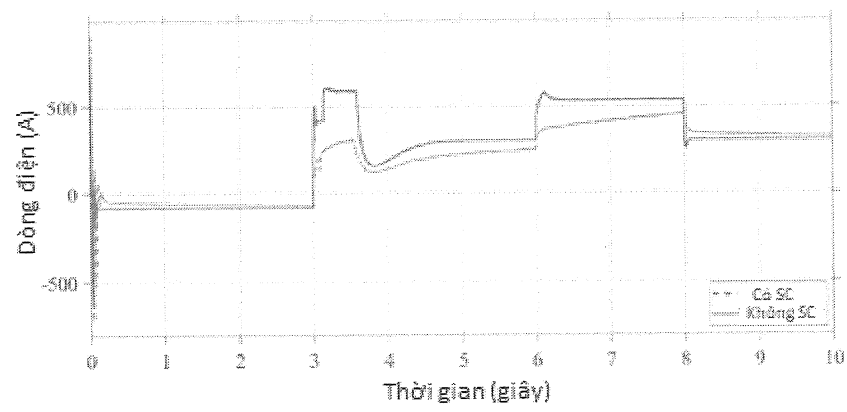
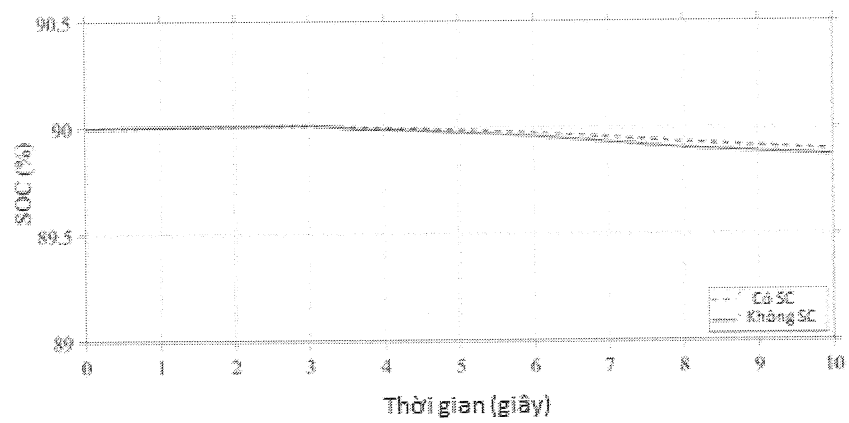
Hình 8

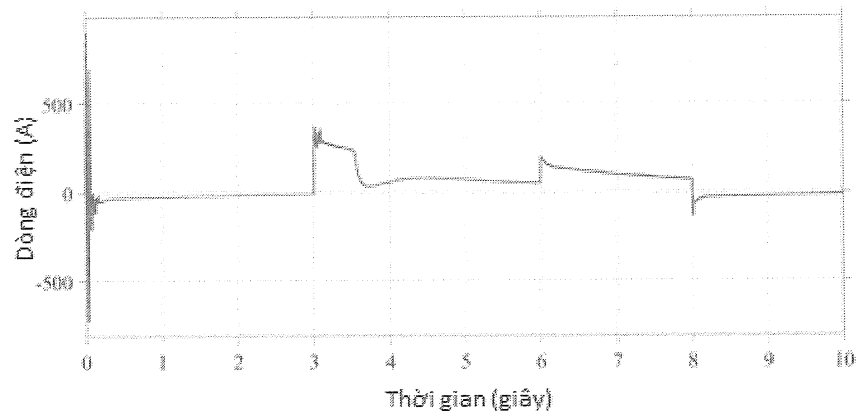
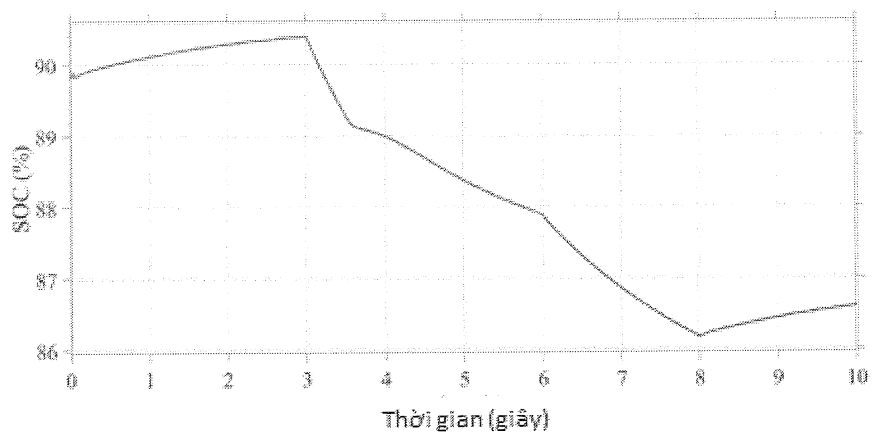


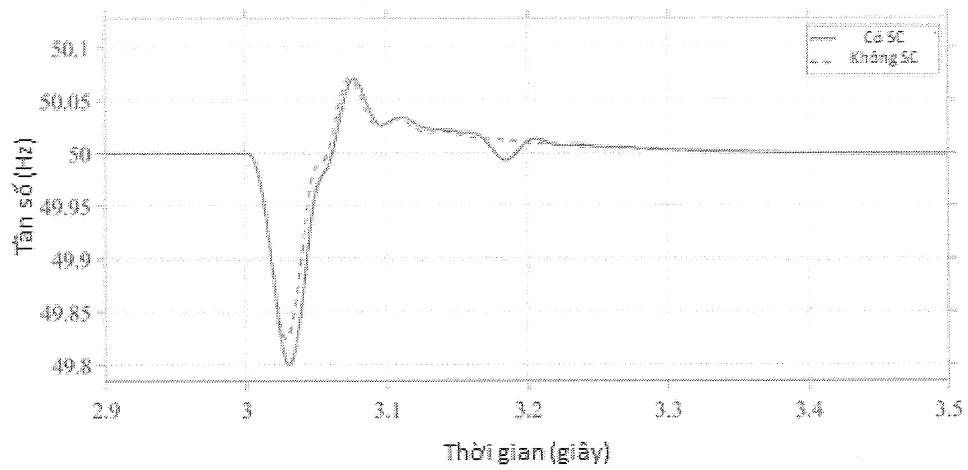
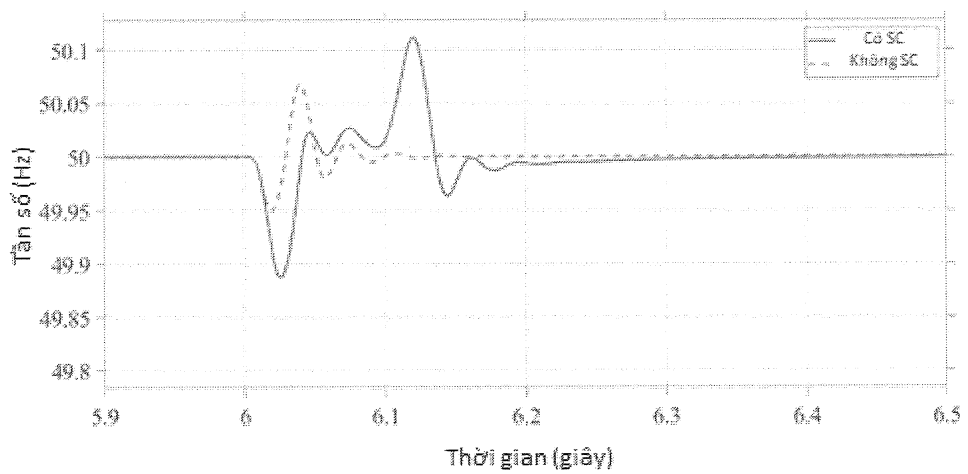
Hình 9

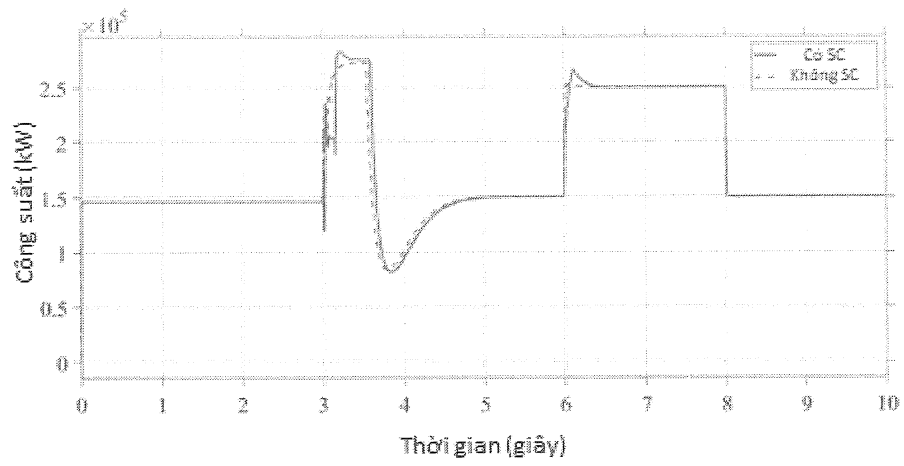


Hình 10

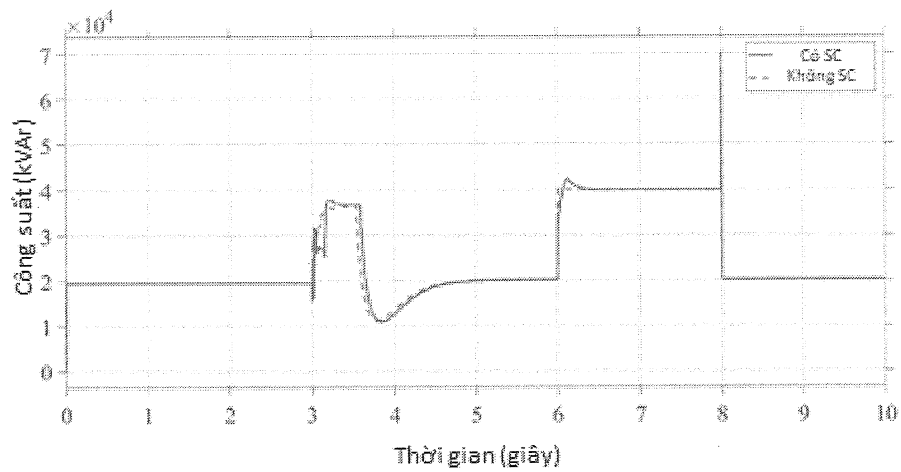
**Hình 11A****Hình 11B**

**Hình 12A****Hình 12B**

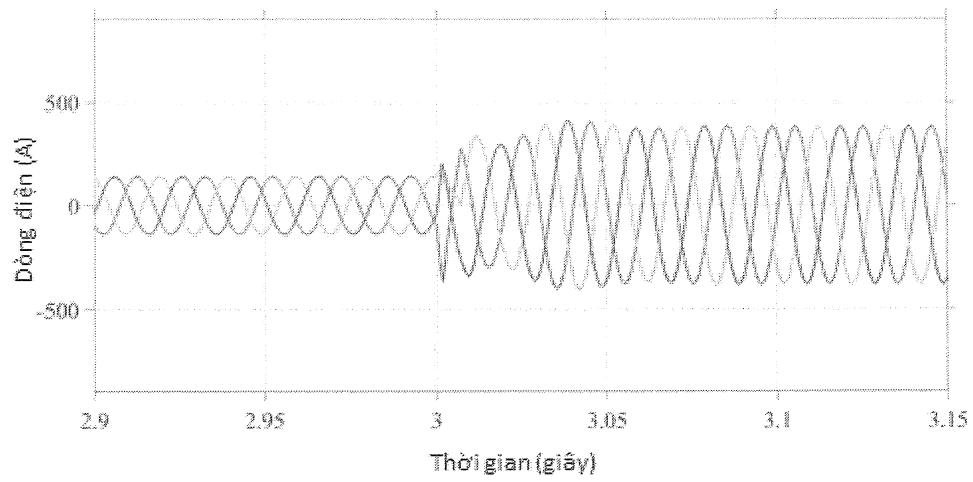
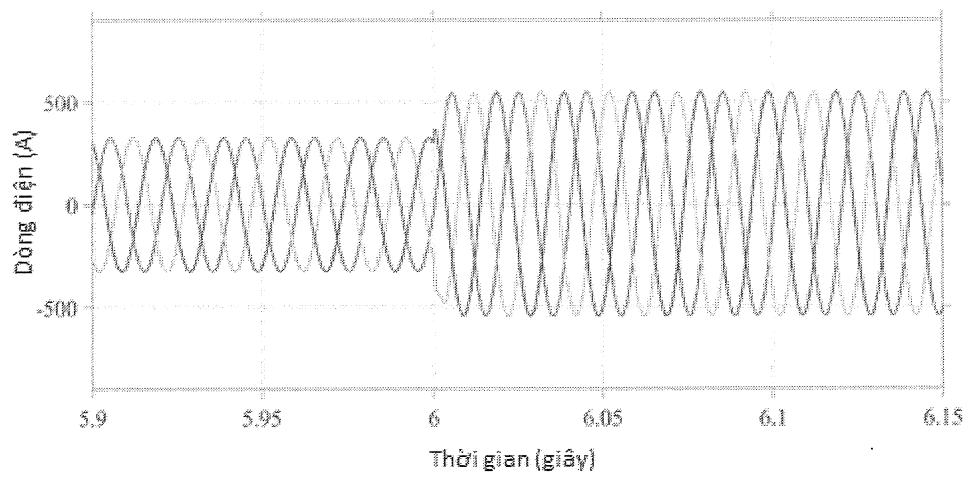
**Hình 13A****Hình 13B**

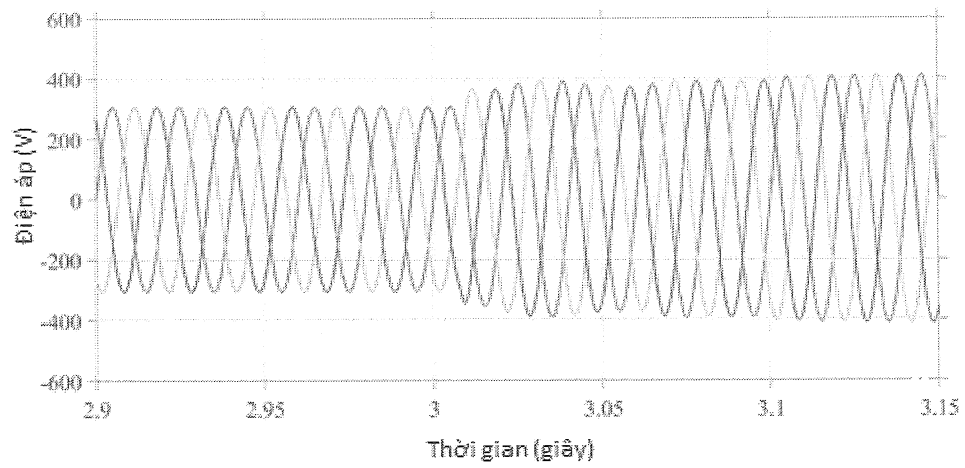
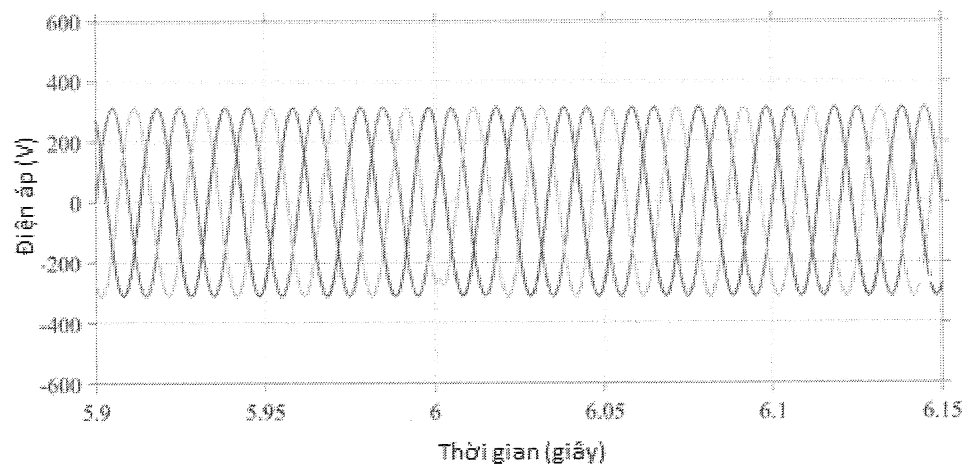


Hình 14A



Hình 14B

**Hình 15A****Hình 15B**

**Hình 16A****Hình 16B**