

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP. HỒ CHÍ MINH
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA**

PHẠM THỊ XUÂN HOA

**ĐIỀU KHIỂN THÍCH NGHI CÁC BỘ NGHỊCH LƯU KẾT NỐI SONG
SONG TRONG MICROGRID**

Chuyên ngành: Kỹ thuật điện
Mã số chuyên ngành: 62.52.02.02

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

TP. HỒ CHÍ MINH NĂM 2018

Công trình được hoàn thành tại **Trường Đại học Bách Khoa – ĐHQG-HCM**

Người hướng dẫn khoa học 1: PGS.TS. Lê Minh Phương

Người hướng dẫn khoa học 2:

Phản biện độc lập 1:

Phản biện độc lập 2:

Phản biện 1:

Phản biện 2:

Phản biện 3:

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận án họp tại
Trường Đại học Bách khoa – ĐHQG – TP.Hồ Chí Minh
vào lúc giờ ngày tháng năm

Có thể tìm hiểu luận án tại thư viện:

- Thư viện Khoa học Tổng hợp Tp. HCM
- Thư viện Trường Đại học Bách Khoa – ĐHQG-HCM

CHƯƠNG 1 TÍNH CẤP THIẾT VÀ MỤC ĐÍCH CỦA LUẬN ÁN

1.1 Giới thiệu chung

Nguồn phát điện phân tán (DG-Distributed generation) sẽ ngày càng đóng một vai trò chủ đạo trong sản xuất và cung cấp điện. Hiện nay, các DG được chú ý rất nhiều trong các lĩnh vực công nghiệp và trở thành một trong các hướng nghiên cứu đang được quan tâm nhất trong lĩnh vực năng lượng [1]. Mặc dù, nguồn phát điện phân tán sử dụng năng lượng gió, năng lượng mặt trời hay diesel,...là những nguồn năng lượng có thể sản xuất điện quy mô nhỏ, nhưng tương lai nó có thể được coi như một nguồn thay thế bổ sung cho nguồn điện truyền thống, giúp giải quyết sự gia tăng của hiện tượng ấm lên toàn cầu gây ra bởi năng lượng hóa thạch. Microgrid là lưới điện nhỏ bao gồm nhiều nguồn phát điện phân tán (DG). Nguồn phát điện phân tán DG cho phép tích hợp các dạng năng lượng khác nhau như: mặt trời, gió, diesel,...vào hệ thống điện.

1.2 Đặc điểm chung của Microgrid:

Công suất ngõ ra của mỗi Microgrid nhỏ hơn nhiều so với một nhà máy điện thông thường nhưng hiệu quả cao do thường được lắp đặt gần với tải vì vậy tổn thất trên đường dây truyền tải nhỏ.

Microgrids làm việc song song với lưới công cộng, hỗ trợ lưới điện bằng cách cung cấp nguồn cho tải cục bộ. Mặt khác, nó có thể hỗ trợ trong việc ngăn chặn tình trạng quá tải và mất điện của lưới điện Quốc gia.

Đối với các vấn đề môi trường, Microgrid giúp cắt giảm ô nhiễm môi trường bởi vì nó sử dụng nguồn có khí thải thấp hoặc bằng không, đồng thời Microgrids cũng giúp trong việc giảm tiêu thụ năng lượng hóa thạch.

Về kinh tế, có chi phí lắp đặt thấp, hệ thống Microgrids cục bộ giúp tiết kiệm đáng kể chi phí cơ sở hạ tầng và tổn thất truyền tải. Microgrids thường ứng dụng để cung cấp điện cho vùng sâu vùng xa nơi mà không có lưới điện Quốc gia.

Trong vấn đề điều khiển và vận hành, Microgrids đảm bảo cung cấp năng lượng cho các tải quan trọng và đảm bảo độ tin cậy cho hệ thống cung cấp điện. Trong Microgrid, quá trình khôi phục hệ thống điện dễ dàng vì giới hạn số lượng các biến điều khiển.

1.3 Các vấn đề xây dựng hệ thống Microgrid

1.3.1 Vấn đề ứng dụng và điều khiển các bộ nghịch lưu trong Microgrid

Microgrid gồm nhiều nguồn phát điện phân tán DG được giao tiếp với lưới điện thông qua các bộ biến đổi công suất. Microgrid được thiết kế sao cho có thể làm việc linh hoạt ở hai chế độ: độc lập và kết nối lưới [1]-[6]. Trong chế độ độc lập, microgrid có hai nhiệm vụ quan trọng là chia công suất theo yêu cầu của phụ tải giữa các bộ nghịch lưu kết nối song song và duy trì sự ổn định điện áp, tần số. Trong chế độ kết nối lưới, microgrid phải được điều khiển hòa đồng bộ đồng thời phát công suất lên lưới nhiều nhất có thể [1].

1.3.2 Điều khiển chia công suất các bộ nghịch lưu kết nối song song

Việc kết nối song song các bộ nghịch lưu chung thanh cái AC là vấn đề khó khăn và phức tạp hơn nhiều so với việc kết nối song song các nguồn DC, vì mỗi bộ nghịch lưu phải đảm bảo chia đúng công suất đồng thời đảm bảo đồng bộ trong hệ thống. Vấn đề đặt ra trong việc kết nối song song các bộ nghịch lưu là làm thế nào để chia đúng công suất và đảm bảo chúng được kết nối hay ngắt một cách linh hoạt không ảnh hưởng đến độ tin cậy của hệ thống.

1.4 Phân tích tình hình nghiên cứu cứu trong và ngoài nước và các vấn đề còn tồn tại

Hiện nay, tất cả các nghiên cứu trong và ngoài nước về việc chia công suất cho các bộ nghịch lưu kết nối song song bằng phương pháp droop truyền thống và droop cải tiến đều gặp những khó khăn sau đây:

1. Ảnh hưởng của thông số đường dây đến hiệu quả chia công suất giữa các bộ nghịch lưu kết nối song song.
2. Thông số trở kháng đường dây trong các nghiên cứu này đều được giả thiết hoặc là mang tính cảm, hoặc là mang tính trở, nhưng trong thực tế thì thông số đường dây bao gồm cả điện trở R và điện kháng X , nên kết quả chia công suất đạt được không mang tính thực tế.
3. Theo lý thuyết của các nghiên cứu ở trên thì phương pháp droop truyền thống hay droop cải tiến đều cần phải biết trước thông số đường dây, mà trở kháng đường dây lại thay đổi theo nhiệt độ, tần số hoặc khi tái thiết kế lại microgrid. Hơn nữa, cấp điện áp sử dụng trong microgrid là cấp trung thế và cấp hạ thế, công suất truyền tải trong hệ thống nhỏ, nên một sự thay đổi dù rất nhỏ của trở kháng đường dây cũng ảnh hưởng rất lớn đến công suất phát của bộ nghịch lưu.
4. Liên kết truyền thông cũng được sử dụng trong một số nghiên cứu cải tiến droop nhằm tăng cường sự chính xác trong chia công suất nhưng việc thực hiện kỹ thuật này nhạy cảm với sự chậm trễ trong giao tiếp, sự chậm trễ trong giao tiếp có thể làm giảm sự chính xác trong việc chia công suất.
5. Độ tin cậy của các nghiên cứu này cũng bị ảnh hưởng trong trường hợp bus truyền thông bị gián đoạn.

6. Hiệu suất cải thiện độ chính xác trong việc chia công suất là không đáng kể nếu các tải cục bộ được kết nối tại ngõ ra của từng đơn vị nguồn phát DG.
7. Các phương pháp chia công suất cải tiến có thể làm giảm chất lượng điện áp cung cấp cho tải (phương pháp trở kháng ảo, phương pháp droop kết hợp với bơm tín hiệu).

1.5 Mục đích của luận án

Để giải quyết những vấn đề khó khăn hiện nay về việc chia công suất cho các bộ nghịch lưu kết nối song song. Mục đích của luận án là nghiên cứu phát triển phương pháp **“Điều khiển thích nghi các bộ nghịch lưu kết nối song song trong microgrid”** cho phép chia công suất đúng theo tỉ lệ công suất định mức của các bộ nghịch lưu kết nối song song trong microgrid, trong điều kiện:

1. Có sự khác biệt đáng kể về thông số đường dây nối từ các bộ nghịch lưu đến điểm kết nối chung (PCC).
2. Có sự thay đổi của điện trở, điện kháng của đường dây theo nhiệt độ, tần số hoặc khi tái thiết kế lại Microgrid.
3. Có sự tồn tại của các tải cục bộ kết nối tại ngõ ra của từng bộ nghịch lưu.
4. Sự gián đoạn hoặc delay trong hệ thống truyền thông.

1.6 Đóng góp khoa học của luận án

Luận án đã trình bày được một số cải tiến mới trong vấn đề chia công suất giữa các bộ nghịch lưu kết nối song song trong microgrid độc lập như sau:

1. Nghiên cứu sơ đồ điều khiển chia công suất cải tiến cho phép chia công suất đúng theo tỉ lệ công suất định mức của các bộ nghịch lưu kết nối song song trong microgrid độc lập, khi có sự khác biệt đáng kể về thông số đường dây nối từ các bộ nghịch lưu đến điểm kết nối

chung, và các tải cục bộ nối tại ngõ ra của các bộ nghịch lưu. Các kết quả mô phỏng và thực nghiệm cũng đã chứng minh cho sự phù hợp của bộ điều khiển này.

2. Trình bày được phương pháp đo lường và lọc Kalman cho trở kháng đường dây theo thời gian thực.
3. Trình bày và chứng minh được khả năng đáp ứng của bộ điều khiển đề xuất khi có ảnh hưởng của tải cục bộ mà các nhóm nghiên cứu trước đây chưa đề cập đến vấn đề này.
4. Đưa ra giải pháp nâng cao độ chính xác trong việc chia công suất và độ tin cậy cho bộ điều khiển đề xuất khi truyền thông bị chậm trễ hay gián đoạn.
5. Thiết kế được bộ điều khiển droop trở kháng ảo kết hợp với thuật toán ước lượng trở kháng đường dây. Ưu điểm của bộ điều khiển này là không cần sử dụng bus truyền thông mà vẫn đảm bảo chia công suất tốt.

1.7 Cấu trúc của luận án

Luận án được bố cục trong 6 chương:

Chương 1. Tính cấp thiết và mục đích của luận án

Chương 2. Cơ sở lý thuyết về điều khiển các bộ nghịch lưu kết nối song song trong Microgrid

Chương 3. Phương pháp điều khiển chia công suất thích nghi đề xuất

Chương 4. Mô hình mô phỏng và kết quả mô phỏng

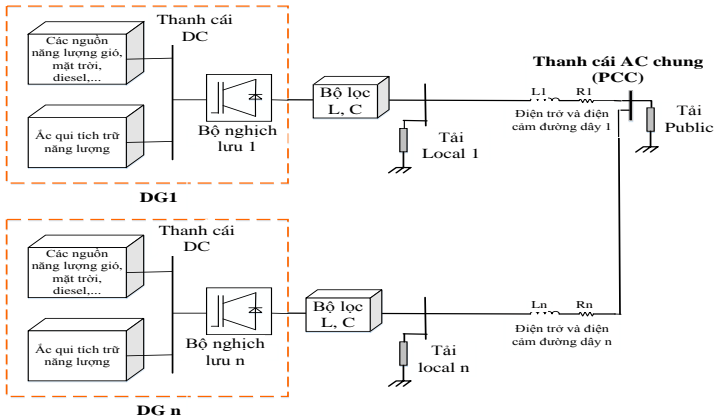
Chương 5. Mô hình thực nghiệm và kết quả thực nghiệm

Chương 6. Kết luận và hướng phát triển

CHƯƠNG 2 CƠ SỞ LÝ THUYẾT VỀ ĐIỀU KHIỂN CÁC BỘ NGHỊCH LƯU KẾT NỐI SONG SONG TRONG MICROGRID

2.1 Phạm vi nghiên cứu của đề tài

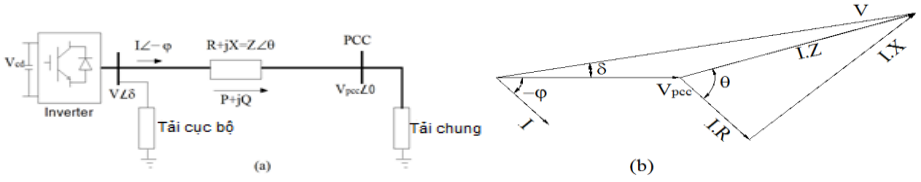
Trọng tâm nghiên cứu của luận án là nâng cao độ chính xác trong việc chia công suất cho các bộ nghịch lưu kết nối song song trong Microgrid độc lập, với giả thiết là điện áp bus DC luôn ổn định và hệ thống ba pha cân bằng, tải tuyến tính. Cấu hình của Microgrid áp dụng cho đề tài này được hiển thị trong hình 2.1.



Hình 2.1. Cấu hình của Microgrid độc lập áp dụng cho đề tài

2.2 Kỹ thuật chia công suất cho các bộ nghịch lưu kết nối song song bằng phương pháp droop truyền thống

Cơ sở lý thuyết của phương pháp điều khiển droop truyền thống trong các nghiên cứu [17]-[33] được thành lập bằng cách phân tích mạch điện tương đương của bộ nghịch lưu kết nối với tải tại điểm chung PCC được thể hiện ở hình 2.26.



Hình 2.26. Mạch điện tương đương của bộ nghịch lưu kết nối với tải

Từ hình 2.26, công suất phát ra bởi bộ nghịch lưu được tính:

$$P = \frac{V}{R^2 + X^2} [R(V - V_{PCC} \cos \delta) + X V_{PCC} \sin \delta] \quad (2.39)$$

$$Q = \frac{V}{R^2 + X^2} [-R V_{PCC} \sin \delta + X(V - V_{PCC} \cos \delta)] \quad (2.40)$$

Từ (2.39) và (2.40) suy ra:

$$\sin \delta = \frac{XP - RQ}{V V_{PCC}} \quad (2.41)$$

$$V - V_{PCC} \cos \delta = \frac{RP + XQ}{V} \quad (2.42)$$

Từ công thức (2.41) và (2.42), ta có các trường hợp sau:

2.2.1 Trường hợp đường dây có X lớn hơn nhiều so với R

Khi đó công thức (2.41) và (2.4) có thể viết:

$$\left\{ \begin{array}{l} \delta \cong \frac{XP}{V V_{PCC}} \\ V - V_{PCC} \cong \frac{XQ}{V} \end{array} \right. \quad (2.43)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \delta \cong \frac{XP}{V V_{PCC}} \\ V - V_{PCC} \cong \frac{XQ}{V} \end{array} \right. \quad (2.44)$$

Công thức (2.43) và (2.44) cho thấy tần số phụ thuộc vào công suất tác dụng P, độ lệch điện áp phụ thuộc vào công suất kháng Q. Vì vậy điện áp ngõ ra bộ nghịch lưu được điều khiển bởi Q, tần số được điều khiển bởi P. Từ công thức (2.43) và (2.44) ta thu được công thức cho điều khiển droop P/f và Q/V:

$$\begin{cases} \omega = \omega_0 - m_p P & (2.45) \\ V = V_0 - m_q Q & (2.46) \end{cases}$$

Trong đó: P, Q là công suất tác dụng và phản kháng do bộ nghịch lưu phát ra; V_0, ω_0 là điện áp định mức và tần số góc định mức của nguồn và tải; V, ω là điện áp và tần số góc ở ngõ ra của bộ nghịch lưu. Hệ số độ dốc m_p và m_q được chọn theo độ thay đổi điện áp và tần số góc cho phép so với định mức.

2.2.2 Trường hợp đường dây có cả R và X

Để xem xét đặc tính của droop trong trường hợp này thì ta sử dụng hệ trục tọa độ ảo để chuyển đổi công suất P, Q thành P', Q' thông qua ma trận chuyển đổi T trong các nghiên cứu [51]-[60]:

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} P' \\ Q' \end{bmatrix} &= [T] \begin{bmatrix} P \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sin\theta & -\cos\theta \\ \cos\theta & \sin\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P \\ Q \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} P' \\ Q' \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \frac{X}{Z}P - \frac{R}{Z}Q \\ \frac{R}{Z}P + \frac{X}{Z}Q \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (2.52)$$

Kết hợp (3.3), (3.4) và (3.14), khi góc δ nhỏ có thể viết:

$$\begin{cases} \delta \cong \frac{ZP'}{VV_{PCC}} & (2.53) \end{cases}$$

$$\begin{cases} V - V_{PCC} \cong \frac{ZQ'}{V} & (2.54) \end{cases}$$

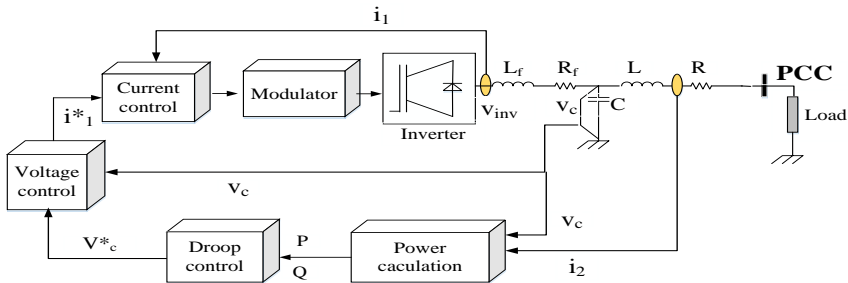
Công thức (3.15) và (3.16), ta có đặc tính của droop P'/f và Q'/V :

$$\begin{cases} \omega = \omega_0 - m_p P' & (2.55) \\ V = V_0 - m_q Q' & (2.56) \end{cases}$$

2.3 Điều khiển công suất cho bộ nghịch lưu trong microgrid

Sơ đồ khối của mô hình điều khiển công suất cho một bộ nghịch lưu được thể hiện ở hình 2.16, gồm có:

- Vòng điều khiển bên ngoài là vòng điều khiển công suất (droop control)
- Vòng điều khiển bên trong là vòng điều khiển dòng điện (current control) và vòng điều khiển điện áp (voltage control).
- Bộ điều chế vec tơ không gian (modulator).



Hình 2.16. Sơ đồ khối của bộ điều khiển công suất cho một bộ nghịch lưu

2.4 Phân tích ảnh hưởng của thông số trở kháng đường dây đến việc chia công suất cho các bộ nghịch lưu kết nối song song

Từ những phân tích cho thấy sự khác nhau về trở kháng đường dây sẽ gây ra sai lệch trong việc chia công suất phản kháng.

2.5 Các nguyên nhân gây ra sự thay đổi thông số trở kháng đường dây trong microgrid

Các nguyên nhân gây ra sự thay đổi của trở kháng đường dây trong microgrid:

- Khi thay đổi cấu trúc của microgrid thì lúc đó cả điện trở và điện kháng của đường dây thay đổi.

- Khi nhiệt độ thay đổi thì điện trở đường dây thay đổi.
- Khi tần số thay đổi thì điện cảm (L) và điện kháng (X) của đường dây thay đổi [86].

Công suất truyền tải trong microgrid nhỏ, nên cho dù một sự thay đổi rất nhỏ của trở kháng đường dây cũng sẽ gây ra ảnh hưởng rất lớn đến công suất phát của bộ nghịch lưu. Vì vậy việc đo lường trở kháng đường dây để thu được giá trị của trở kháng toàn bộ đường dây nối từ bộ nghịch lưu đến điểm chung một cách chính xác cũng là việc làm cần thiết hiện nay, nhằm hỗ trợ cho việc nâng cao độ chính xác trong vấn đề chia công suất cho các bộ nghịch lưu.

2.6 Mục tiêu nghiên cứu

Để đạt được mục đích nghiên cứu nêu ở chương 1 thì cần phải thực hiện các mục tiêu nghiên cứu sau đây:

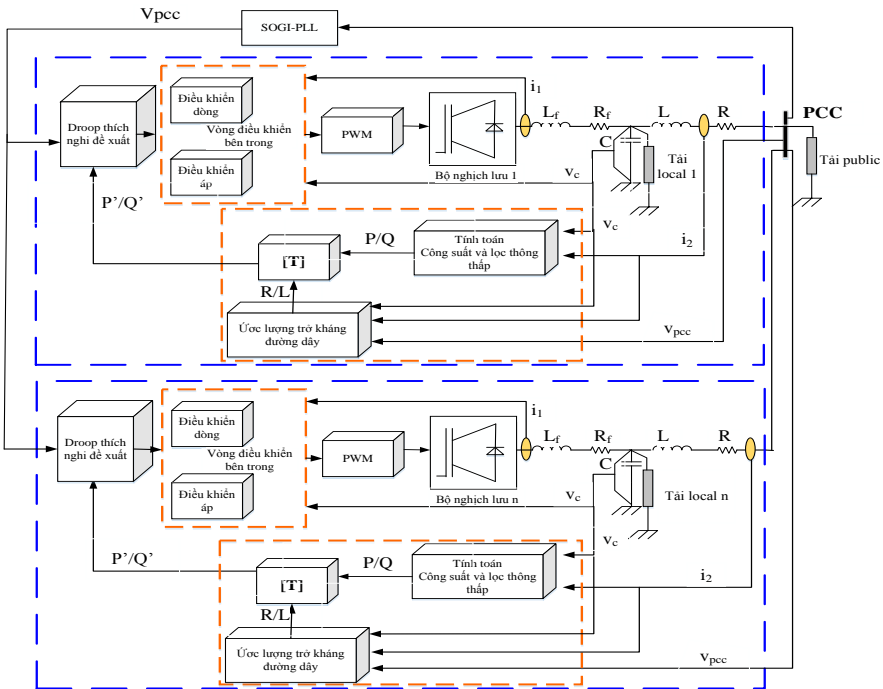
1. Đề xuất bộ điều khiển thích nghi để thực hiện chia công suất đúng theo tỉ lệ công suất định mức của các bộ nghịch lưu.
2. Đo lường và lọc Kalman cho trở kháng đường dây theo thời gian thực.
3. Đưa ra giải pháp cải thiện độ chính xác chia công suất khi có ảnh hưởng của tải cục bộ.
4. Đưa ra giải pháp khắc phục trong việc chia công suất khi truyền thông bị chậm trễ hay gián đoạn.
5. Đưa ra giải pháp nâng cao độ chính xác và độ tin cậy trong việc chia công suất phản kháng bằng việc sử dụng bộ điều khiển droop trở kháng ảo và thuật toán ước tính sụt áp do trở kháng mà không cần sử dụng truyền thông.

CHƯƠNG 3 PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN CHIA CÔNG SUẤT THÍCH NGHI ĐỀ XUẤT

3.1 Điều khiển chia công suất trong microgrids độc lập trên cơ sở ước lượng trực tuyến thông số đường dây bằng bộ điều khiển thích nghi đề xuất

3.1.1 Phân tích cơ sở lý thuyết

Bộ điều khiển thích nghi đề xuất được thiết kế dựa trên cơ sở lý thuyết của phương pháp điều khiển droop truyền đã trình bày ở mục 2.2 chương 2.



Hình 3.2. Sơ đồ khối của bộ điều khiển thích nghi đề xuất

Bộ điều khiển thích nghi đề xuất là một bộ điều khiển tự chỉnh gián tiếp, được thiết kế nhằm thực hiện trực tuyến đồng thời hai nhiệm vụ:

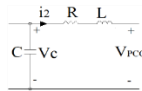
1. Ước lượng trực tuyến thông số mô hình (đo lường và lọc Kalman cho thông số R và L của đường dây).
2. Tính toán thiết kế bộ điều khiển dựa vào thông số mô hình đã được ước lượng.

3.1.2 Ước lượng trực tuyến thông số trở kháng đường dây

3.1.2.1 Đo lường thông số trở kháng đường dây theo thời gian thực

- **Mô hình hóa đối tượng:**

Từ hình 3.2 ta có mạch điện để đo lường trở kháng đường dây:



Hình 3.4. Mạch điện một pha để đo trở kháng đường dây

Theo sơ đồ mạch hình 3.4, ta có phương trình mạch:

$$\frac{di_2}{dt} = -\frac{R}{L}i_2 + \frac{1}{L}(v_C - v_{PCC}) \quad (3.1)$$

Biểu diễn (3.1) ở dạng hệ phương trình trạng thái:

$$\begin{cases} \dot{X} = AX + Bu \\ Y = CX \end{cases} \quad (3.2)$$

$$X = i_2, u = v_C - v_{PCC}, A = -\frac{R}{L}, B = \frac{1}{L}, C = 1$$

Rời rạc hóa hệ phương trình trạng thái (3.2), ta có:

$$\begin{cases} i_2(k) = A_d \cdot i_2(k-1) + B_d \cdot u(k-1) \\ y(k) = C_d i_2(k) \end{cases} \quad (3.3)$$

Phương trình (3.3) có thể biểu diễn mối quan hệ vào và ra của đối tượng như sau:

$$y(k) = A_d \cdot i_2(k-1) + B_d \cdot u(k-1) + e(k) \quad (3.4)$$

Trong đó: $e(k)$ là nhiễu đo lường và nhiễu quá trình

Quan hệ vào ra của (3.4) có thể viết lại:

$$y(k) = \begin{bmatrix} i_2(k-1) \\ u(k-1) \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} A_d \\ B_d \end{bmatrix} = \varphi(k)^T \cdot \theta + e(k) \quad (3.5)$$

$\varphi(k)$: vec tơ chứa các biến số, chứa các mẫu dữ liệu dòng điện và điện áp, được gọi là vec tơ hồi quy.

$$\theta = \begin{bmatrix} A_d \\ B_d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 - \frac{R}{L} T \\ T \\ \frac{1}{L} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \end{bmatrix} \quad (3.6)$$

• **Bài toán ước lượng bình phương tối thiểu (LSM):**

Công thức (3.6) cho thấy vec tơ thông số θ được đo lường dựa vào các mẫu dữ liệu dòng điện và điện áp thu thập được. Bỏ qua nhiễu $e(k)$, ta có bộ dữ liệu hồi quy tuyến tính:

$$\hat{y}(k, \theta) = \varphi(k)^T \cdot \theta \quad (3.7)$$

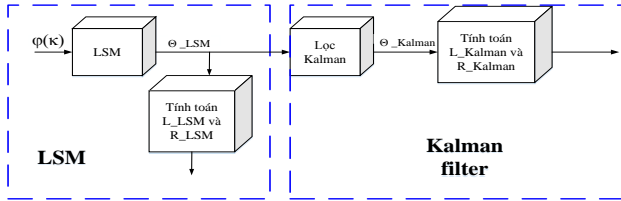
Để lưu trữ toàn bộ các mẫu dữ liệu theo thời gian thực và khối lượng tính toán không tăng lên theo thời gian thì ta dùng thuật toán ước lượng bình phương tối thiểu đệ quy, thuật toán này gồm các phương trình sau:

$$\begin{cases} \hat{\theta}(k) = \hat{\theta}(k-1) + L(k) \cdot \varepsilon(k) \\ \varepsilon(k) = y(k) - \varphi(k)^T \cdot \hat{\theta}(k-1) \\ L(k) = \frac{P(k-1) \varphi(k)}{\lambda + \varphi(k)^T \cdot P(k-1) \cdot \varphi(k)} \\ P(k) = \frac{1}{\lambda} \left[P(k-1) - \frac{P(k-1) \cdot \varphi(k) \cdot \varphi(k)^T \cdot P(k-1)}{\lambda + \varphi(k)^T \cdot P(k-1) \cdot \varphi(k)} \right] \end{cases} \quad (3.9)$$

Trong đó λ là hệ số quên, λ được chọn trong khoảng từ 0.98 đến 0.995.

Trở kháng đường dây được đo lường bởi phương pháp LSM cho kết quả là vec tơ thông số θ_{-LSM} .

Bộ lọc Kalman lọc nhiễu cho vec tơ θ_{-LSM} để có được vec tơ θ_{Kalman} , từ θ_{Kalman} ta tính được R_{Kalman} và L_{Kalman} .



Hình 3.7. Khối đo lường trở kháng đường dây và lọc Kalman

3.1.2.2 Lọc Kalman cho thông số trở kháng đường dây theo thời gian thực

Trạng thái dự đoán được mô tả bởi phương trình:

$$x(k) = Ax(k - 1) + Bu(k - 1) + W_1(k) \quad (3.10)$$

Trạng thái đo lường được mô tả bởi phương trình:

$$z(k) = Hx(k) + W_2(k) \quad (3.11)$$

*Lọc nhiễu cho vec tơ thông số θ_{LSM} bằng thuật toán của bộ lọc Kalman:

Các phương trình cập nhật theo thời gian để dự đoán trạng thái:

$$\begin{cases} \theta_{pred}(k) = A \cdot \theta_{est}(k - 1) \end{cases} \quad (3.12)$$

$$\begin{cases} P_{pred}(k) = A \cdot P_{est}(k - 1) \cdot A^T + Q \end{cases} \quad (3.13)$$

Các phương trình cập nhật theo giá trị đo lường dùng để sửa sai:

$$K(k) = P_{pred}(k) \cdot H^T \cdot (H \cdot P_{pred}(k) \cdot H^T + R)^{-1} \quad (3.14)$$

$$\theta_{est}(k) = \theta_{pred}(k) + K(k) \cdot (\theta(k) - H \cdot \theta_{pred}(k)) \quad (3.15)$$

$$P_{est}(k) = (I - K(k) \cdot H) \cdot P_{pred}(k) \quad (3.16)$$

Kết quả ở ngõ ra của bộ lọc Kalman là vec tơ θ_{Kalman} :

$$\theta_{Kalman} = \begin{bmatrix} \theta_{1_Kalman} \\ \theta_{2_Kalman} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 - \frac{R_{Kalman}}{L_{Kalman}} * T \\ \frac{T}{L_{Kalman}} \end{bmatrix} \quad (3.17)$$

Từ (3.17) ta tìm được giá trị trở và điện cảm của đường dây đã được lọc: R_{Kalman} , L_{Kalman} . Mặt khác, điện kháng của đường dây cũng thay đổi khi tần số thay đổi, vì vậy ta cũng cần đo lường điện kháng đường dây theo thời gian thực để cung cấp cho bộ điều khiển đề xuất:

$$X = \omega \cdot L_{Kalman} \quad (\Omega)$$

3.1.3 *Tính toán thiết kế bộ điều khiển thích nghi đề xuất dựa vào thông số mô hình đã ước lượng được*

3.1.3.1 *Khởi droop thích nghi đề xuất*

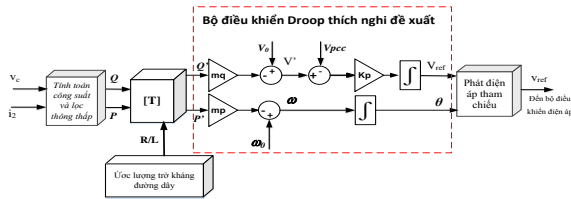
Theo các phân tích ở trên, ta thấy phương pháp droop truyền thống bị ảnh hưởng bởi trở kháng đường dây, nếu trở kháng đường dây nối từ các bộ nghịch lưu đến điểm chung không bằng nhau thì phương pháp droop truyền thống không thể chia công suất cho các bộ nghịch lưu đúng theo tỉ lệ công suất định mức của chúng. Đó là do sự sai lệch về trở kháng đường dây dẫn đến sự sai lệch về sụt áp trên đường dây và kết quả cuối cùng là sai lệch công suất kháng được chia, bộ điều khiển droop thích nghi đề xuất cho thấy rằng sự sai lệch này có thể được bù trừ bằng cách điều chỉnh điện áp ở ngõ ra của bộ droop truyền thống chia công suất phản kháng (V') với điện áp V_{PCC} tại điểm kết nối chung thông qua khâu tích phân như sau:

$$V_{ref} = k_p \int (V' - V_{PCC}) dt \quad (3.19)$$

Trong đó V' là điện áp ở ngõ ra của bộ điều khiển droop truyền thống chia công suất phản kháng, được xác định dựa theo công thức (2.56).

$$V' = V_0 - m_q Q' \tag{3.20}$$

k_p là độ lợi tích phân, V_{PCC} là biên độ điện áp tại điểm kết nối chung, được lấy từ ngõ ra của khối SOGI-PLL. Q' được tính toán theo công thức (2.52), trong đó R, X được lấy từ ngõ ra của khối ước lượng trở kháng đường dây nên Q' thay đổi theo sự thay đổi của thông số trở kháng đường dây, dẫn đến thông số của bộ điều khiển droop thích nghi đề xuất cũng thay đổi trong quá trình hoạt động nhằm giữ vững chất lượng điều khiển của hệ thống.



Hình 3.11. Khối Droop thích nghi đề xuất

Phân tích hoạt động của bộ điều khiển droop thích nghi đề xuất cho hai bộ nghịch lưu kết nối song song, phân tích này có thể được áp dụng được cho nhiều bộ nghịch lưu kết nối song song:

Phương pháp thích nghi đề xuất bù trừ các sai lệch điện áp V'_1 và V'_2 bằng cách điều chỉnh các điện áp điện áp V'_1 và V'_2 đến với điện áp V_{pcc} thông qua khâu tích phân như đã trình bày ở công thức (3.19):

$$V_{1ref} = k_{p1} \int (V'_1 - V_{PCC}) dt \tag{3.21}$$

$$V_{2ref} = k_{p2} \int (V'_2 - V_{PCC}) dt \tag{3.22}$$

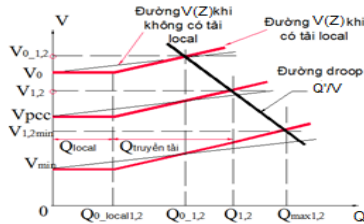
Bằng cách điều chỉnh các hệ số độ lợi tích phân k_{p1} và k_{p2} cho các bộ điều khiển đề xuất của các bộ nghịch lưu ở công thức (3.21) và (3.22).

Khi xác lập thì các điện áp V'_1 và V'_2 sẽ tiến đến một giá trị điện áp bằng nhau ($V'_1=V'_2=V_{pcc}$), điều này có nghĩa là loại bỏ được sai lệch về sụt áp trên đường dây, hay nói cách khác là loại bỏ được ảnh hưởng của sự sai lệch về trở kháng đường dây. Cuối cùng là bộ điều khiển thích nghi đề xuất chia công suất đúng theo tỉ lệ công suất định mức của các bộ nghịch lưu.

3.2 Giải pháp cải thiện độ chính xác chia công suất khi có ảnh hưởng của tải cục bộ

3.2.1 Phân tích ảnh hưởng của tải cục bộ đến việc chia công suất

Các tải cục bộ sẽ ảnh hưởng rất lớn đến việc chia công suất phản kháng, được thể hiện ở hình 3.17.



Hình 3.17. Đường đặc tính của điện áp theo công suất kháng với các tải cục bộ giống nhau

Các tải cục bộ đã làm thay đổi độ dốc đường đặc tính điện áp theo công suất kháng. Trong trường hợp các tải cục bộ khác nhau hoặc các bộ nghịch lưu khác nhau thì tải cục bộ sẽ làm sai lệch trong việc chia công suất kháng.

3.2.2 Phân tích khả năng đáp ứng của bộ điều khiển đề xuất khi có tải cục bộ

Phương pháp thích nghi đề xuất bù trừ các sai lệch điện áp V'_1 và V'_2 bằng cách điều chỉnh các điện áp điện áp V'_1 và V'_2 đến với điện áp V_{pcc} thông qua khâu tích phân như đã trình bày ở công thức (3.19):

$$V_{1ref} = k_{p1} \int (V'_1 - V_{PCC}) dt \quad (3.44)$$

$$V_{2ref} = k_{p2} \int (V'_2 - V_{PCC}) dt \quad (3.45)$$

Bằng cách điều chỉnh các hệ số độ lợi tích phân k_{p1} và k_{p2} cho các bộ điều khiển đề xuất của các bộ nghịch lưu ở công thức (3.44) và (3.45).

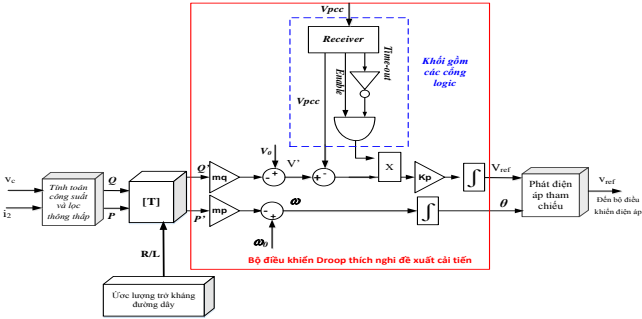
Khi xác lập thì các điện áp V'_1 và V'_2 sẽ tiến đến một giá trị điện áp bằng nhau ($V'_1=V'_2=V_{pcc}$), điều này có nghĩa là loại bỏ được sai lệch về sụt áp trên đường dây và sự khác nhau của tải cục bộ, hay nói cách khác là loại bỏ được ảnh hưởng của sự sai lệch về trở kháng đường dây và sự khác nhau của tải cục bộ. Cuối cùng là bộ điều khiển thích nghi đề xuất chia công suất đúng theo tỉ lệ công suất định mức của các bộ nghịch lưu.

3.3 Giải pháp khắc phục khi truyền thông bị chậm trễ (delay) hay bị gián đoạn

3.3.1 Giải pháp khắc phục

Khi truyền thông bị gián đoạn thì bộ điều khiển thích nghi đề xuất không nhận được giá trị điện áp tham chiếu V_{pcc} để thực hiện điều chỉnh điện áp ngõ ra của nó. Vì vậy cần phải cải tiến bộ điều khiển thích nghi đã đề xuất để nâng cao độ tin cậy trong trường hợp bus truyền thông bị gián đoạn. Phương pháp cải tiến như sau: Bộ điều khiển thích nghi đã đề xuất theo biểu thức (3.19) được thêm

vào khối gồm các cổng logic nhằm nâng cao độ tin cậy cho bộ điều khiển này trong trường hợp bus truyền thông bị gián đoạn, bộ điều khiển cải tiến được thể hiện ở hình 3.19. Khi bus truyền thông bị gián đoạn thì khối các cổng logic cho phép vô hiệu hóa việc điều chỉnh điện áp, khi đó hệ thống điều khiển sẽ tiếp tục hoạt động ở trạng thái gần nhất cho đến khi bus truyền thông được khôi phục trở lại.



Hình 3.19. Khối droop thích nghi đề xuất cải tiến

3.3.2 Kết luận về bộ điều khiển thích nghi đề xuất được cải tiến

Bộ điều khiển thích nghi đề xuất cải tiến thực hiện chia công suất đúng theo tỉ lệ công suất định mức của các bộ nghịch lưu kết nối song song mà không bị ảnh hưởng bởi trở kháng đường dây và tải cục bộ trong trường hợp bình thường hay trường hợp bus truyền thông bị delay hoặc bị sự cố. Tuy nhiên, nếu tải hoặc trở kháng đường dây thay đổi trong khoảng thời gian bus truyền thông bị gián đoạn thì kết quả chia công suất phản kháng sẽ cho một sai lệch so với trước đó, nhưng vẫn tốt hơn rất nhiều so với sử dụng bộ điều khiển droop truyền thống. Vì vậy để nâng cao độ chính xác cho việc chia công suất kháng trong trường hợp này thì bộ điều khiển thích nghi đề xuất cải tiến ở trên được điều khiển kết hợp với bộ điều khiển droop trở kháng ảo để nâng cao độ chính xác trong việc

chia công suất kháng, bộ điều khiển droop trở kháng ảo được trình bày trong mục 3.4.

3.4 Giải pháp nâng cao độ tin cậy và độ chính xác trong việc chia công suất phản kháng bằng việc sử dụng trở kháng ảo

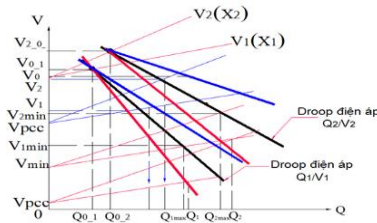
3.4.1 Cơ sở lý thuyết cho bộ điều khiển droop trở kháng ảo đề xuất

Bộ điều khiển droop trở kháng ảo đề xuất dựa trên cơ sở lý thuyết của bộ điều khiển droop truyền thống P/f và Q/V.

3.4.2 Phương pháp thực hiện

3.4.2.1 Thuật toán ước tính sụt áp do trở kháng

Thuật toán ước tính sụt áp được thành lập dựa vào các đường đặc tính của điện áp theo công suất kháng thể hiện ở hình 3.21.



Hình 3.21. Đường đặc tính của điện áp theo công suất kháng

Độ chính xác của chia công suất kháng trong micrgrid độc lập có thể được cải tiến bằng cách thêm vào hệ số độ dốc của đường đặc tính điện áp theo công suất kháng $k_{qi} = \frac{\Delta V}{Q_i}$ và điều chỉnh độ dốc của droop Q/V. Nếu hệ số độ dốc k_{qi} không được điều chỉnh thì độ dốc đường đặc tính droop điện áp Q/V sẽ cố định, điều này sẽ dẫn đến một hoặc nhiều bộ nghịch lưu phát công suất vượt quá công suất giới hạn cực đại. Trong khi k_{qi} có thể được xem xét để quyết định độ dốc mong muốn của đường đặc tính droop Q/V cho mỗi bộ nghịch lưu, nhằm

hạn chế những rủi ro bộ nghịch lưu phải hoạt động vượt quá công suất giới hạn và điện áp microgrid dưới giá trị tối thiểu cho phép, đồng thời nâng cao độ chính xác trong việc chia công suất kháng.

Hệ số độ dốc của đường đặc tính điện áp theo công suất kháng khi có tải cục bộ có thể được viết như sau:

$$k_{qi} = \frac{V_i - V_{PCC}}{Q_i - Q_{local_i}} = \frac{\Delta V}{Q_i - Q_{local_i}} \quad (3.59)$$

Trong đó: Q_{local_i} là công suất kháng của tải cục bộ.

Nếu điện áp tại điểm chung V_{PCC} bằng với điện áp định mức của microgrid thì:

$$k_{q1} = \frac{V_{0_i} - V_0}{Q_{0_i} - Q_{0_locali}} \quad (3.60)$$

$$V_{0_i} = V_0 + k_{qi} \cdot (Q_{0_i} - Q_{0_locali}) \quad (3.61)$$

Nếu điện áp tại điểm chung V_{pcc} bằng với điện áp cực tiểu của microgrid thì:

$$k_{qi} = \frac{V_{imin} - V_{min}}{Q_{imax} - Q_{0_locali}} \quad (3.62)$$

$$V_{imin} = V_{min} + k_{qi} \cdot (Q_{imax} - Q_{0_locali}) \quad (3.63)$$

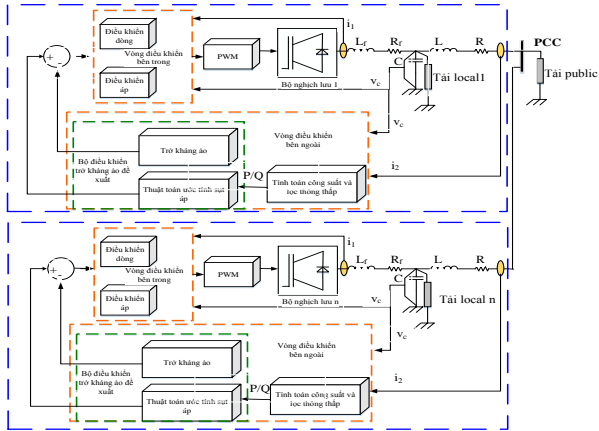
Hệ số độ dốc của phương trình droop Q/V tương ứng với phương trình (3.60) và (3.63) là:

$$m_{qi} = \frac{V_{0_i} - V_{imin}}{Q_{0_i} - Q_{imax}} \quad (3.64)$$

Phương trình droop Q/V tương ứng:

$$V_i = V_{0_i} - m_{qi}(Q_{0_i} - Q_i) \quad (3.65)$$

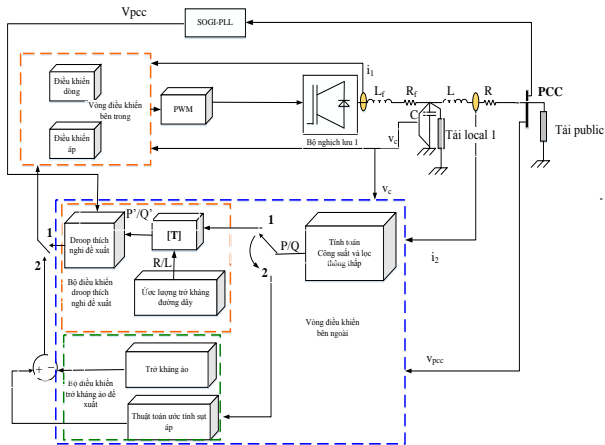
Thuật toán ước tính sụt áp do trở kháng được thực hiện theo các phương trình từ (3.59) đến (3.65).



Hình 3.22. Sơ đồ khối của bộ điều khiển droop trở kháng ảo đề xuất

3.5 Bộ điều khiển tổng hợp

Để nâng cao độ chính xác cho việc chia công suất kháng trong trường hợp bus truyền thông bị gián đoạn trong khi tải hoặc trở kháng đường dây thay đổi thì bộ điều khiển thích nghi đề xuất cải tiến được điều khiển kết hợp với bộ điều khiển droop trở kháng ảo đề xuất, bộ điều khiển tổng hợp là mô hình gồm 2 bộ điều khiển này.

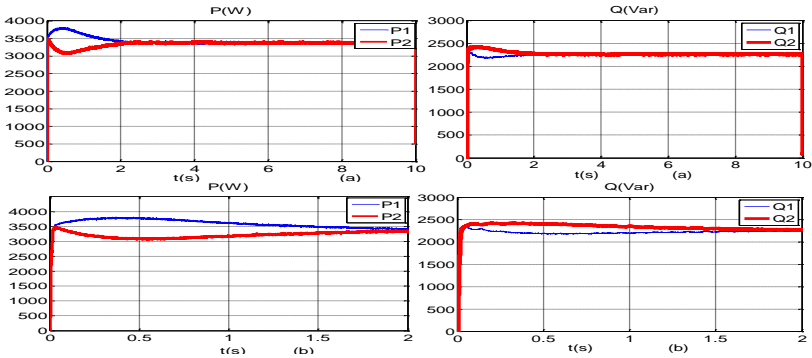


Hình 3.23. Sơ đồ khối của bộ điều khiển tổng hợp đề xuất

CHƯƠNG 4 MÔ HÌNH MÔ PHỎNG VÀ KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

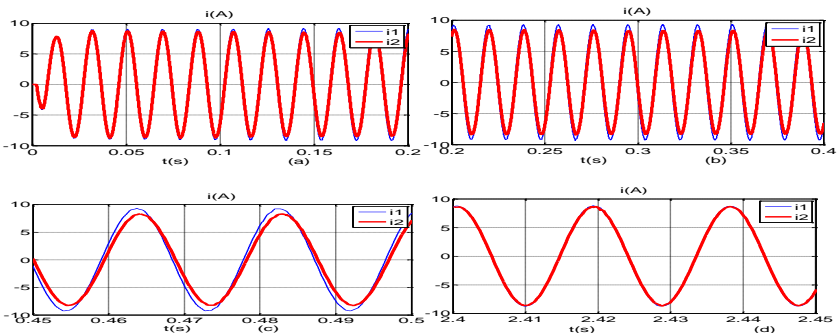
4.1 Mô phỏng chia công suất bằng bộ điều khiển thích nghi đề xuất

Mô phỏng chia công suất cho hai bộ nghịch lưu giống nhau, trở kháng hai đường dây khác nhau ($R_1=0.8\Omega$, $L_1=0.7mH$; $R_2=1\Omega$, $L_2=0.5mH$), tải không đổi.



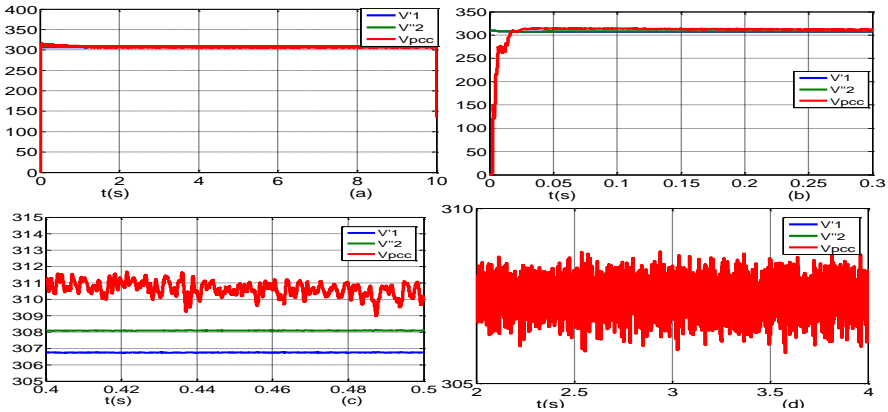
Hình 4.4. Công suất ngõ ra của 2 bộ nghịch lưu, Công suất tác dụng (cột bên trái), Công suất phản kháng (cột bên phải)

Hình 4.4a cho thấy bộ điều khiển đề xuất cho kết quả chia công suất tốt, hình 4.4b thể hiện đáp ứng quá độ của công suất, tốc độ đáp ứng tốt (khoảng 1,5s đến 2s), độ vọt lố nằm trong giới hạn cho phép, không làm ảnh hưởng đến thiết bị bảo vệ quá dòng trong microgrid.

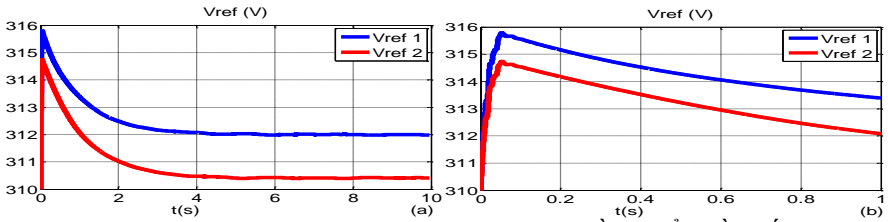


Hình 4.5. Dòng điện pha ở ngõ ra của 2 bộ nghịch lưu

Hình 4.5a; 4.5b; 4.5c thể hiện đáp ứng quá độ của dòng điện pha ở ngõ ra của 2 bộ nghịch lưu, ta thấy trong khoảng thời gian này bộ điều khiển chưa đạt đến trạng thái xác lập nên có sự sai lệch trong việc chia công suất do ảnh hưởng của sai lệch về trở kháng đường dây, vì vậy trong khoảng thời gian này dòng điện cũng bị sai lệch. Hình 4.5d thể hiện đáp ứng xác lập của dòng điện pha ở ngõ ra của 2 bộ nghịch lưu, ta thấy trong khoảng thời gian này bộ điều khiển đã đạt đến trạng thái xác lập nên không có sự sai lệch trong việc chia công suất, vì vậy trong khoảng thời gian này dòng điện cũng không bị sai lệch.

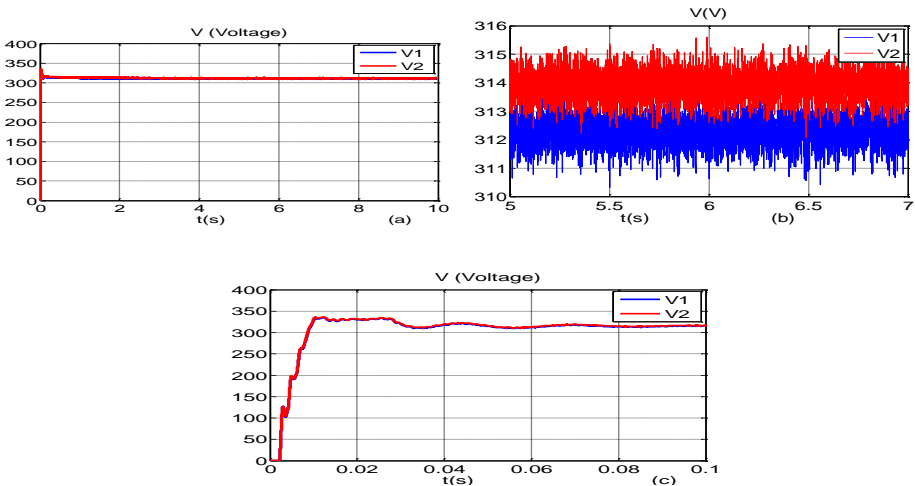


Hình 4.7. Điện áp tại điểm chung PCC và điện áp V' của bộ điều khiển đề xuất
 Hình 4.7a thể hiện đáp ứng của điện áp tại điểm chung PCC và điện áp $V'1$, $V'2$ của bộ điều khiển đề xuất. Hình 4.7c cho thấy khi bộ điều khiển đề xuất chưa đạt đến trạng thái xác lập thì điện áp $V'1$ và điện áp $V'2$ không bằng nhau, điều này là do ảnh hưởng của sai lệch về trở kháng đường dây, kết quả là trong khoảng thời gian này thì việc chia công suất cũng bị sai lệch. Hình 4.7d cho thấy lúc này bộ điều khiển đề xuất đã đạt đến trạng thái xác lập thì các điện áp $V'1$, $V'2$ và V_{pcc} bằng nhau, cuối cùng là trong khoảng thời gian này thì việc chia công suất không còn sai lệch.



Hình 4.8. Điện áp tại ngõ ra của các bộ điều khiển đề xuất

Hình 4.8a và 4.8b cho thấy điện áp ngõ ra của hai bộ điều khiển thì khác nhau, bởi vì trở kháng 2 đường dây khác nhau nên khi các bộ điều khiển điều chỉnh sao cho $V_1 = V_2$ thì các hệ số điều chỉnh k_{p1} và k_{p2} cũng khác nhau. Cuối cùng là điện áp ngõ ra của hai bộ điều khiển cũng khác nhau.

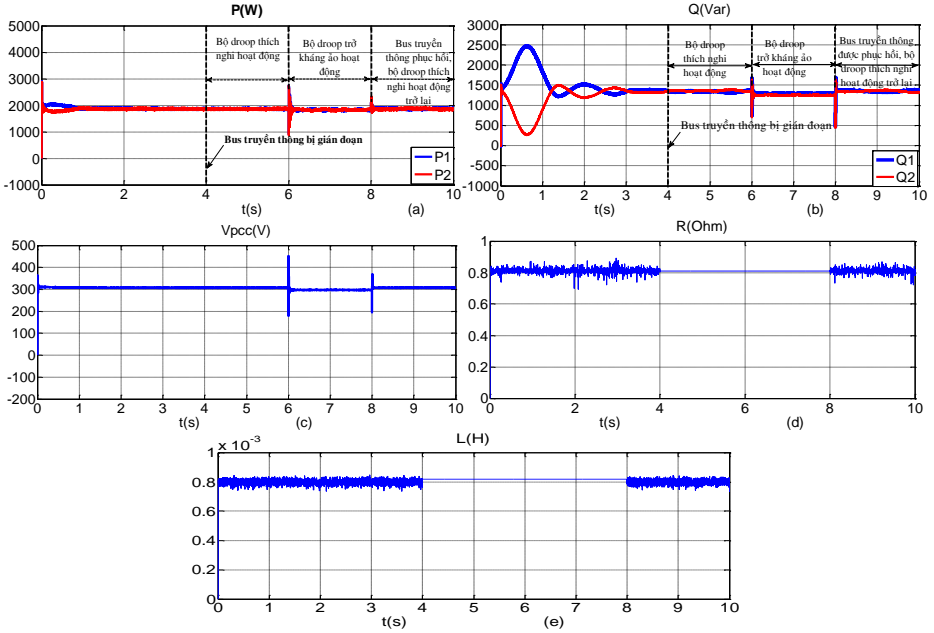


Hình 4.9. Điện áp tại ngõ ra của bộ nghịch lưu (phía sau bộ lọc LC)

Hình 4.9 thể hiện đáp ứng xác lập và đáp ứng quá độ của điện áp ở ngõ ra của bộ nghịch lưu, hình 4.9b cho thấy điện áp ngõ ra của 2 bộ nghịch lưu thì khác nhau, điều này là do các điện áp ở ngõ ra của bộ điều khiển đề xuất ở hình 4.8 thì khác nhau, mà các điện áp này lại làm giá trị tham chiếu cho bộ điều khiển điện áp, nên cuối cùng là điện áp ở ngõ ra của 2 bộ nghịch lưu cũng khác nhau.

4.5 Mô phỏng chia công suất bằng bộ điều khiển tổng hợp

Mô phỏng chia công suất cho hai bộ nghịch lưu giống nhau, trở kháng hai đường dây khác nhau bằng bộ điều khiển tổng hợp.



Hình 4.52. Công suất phát của hai bộ nghịch lưu, (a) Công suất tác dụng, (b) Công suất phản kháng, (c) Điện áp tải, (d) Điện trở, (e) Điện cảm

Bus truyền thông bị gián đoạn tại $t=4s$, trong khoảng thời gian từ $t=4s$ đến $t=6s$ thì tải và kháng đường dây không đổi nên bộ điều khiển thích nghi chia công suất chính xác. Sau khoảng thời gian sự cố $t_{sc}=2s$ vì bus truyền thông vẫn chưa được phục hồi, lúc này ta đóng bộ điều khiển Droop trở kháng ảo vào để thay thế cho bộ điều khiển thích nghi trong khoảng thời gian từ $t=6s$ đến $t=8s$. Ta thấy trong khoảng thời gian từ $6s$ đến $8s$ thì bộ điều khiển trở kháng ảo thực hiện chia công suất chính xác. Tại $t=8s$ thì bus truyền thông được phục hồi và bộ điều khiển thích nghi hoạt động chia công suất trở lại.

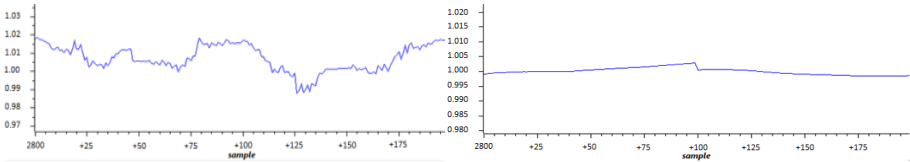
CHƯƠNG 5 MÔ HÌNH THỰC NGHIỆM VÀ KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

5.1 Mô hình thực nghiệm

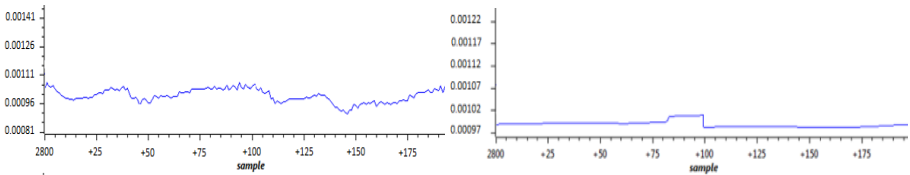
5.2 Kết quả thực nghiệm

5.2.1 Thiết lập thí nghiệm đo lường trở kháng đường dây

1. Đo lường bằng phương pháp LSM và lọc Kalman cho một đường dây có điện trở thực tế là $R_{\text{actual}} = 1\Omega$ và điện cảm thực tế là $L_{\text{actual}} = 1\text{mH}$:

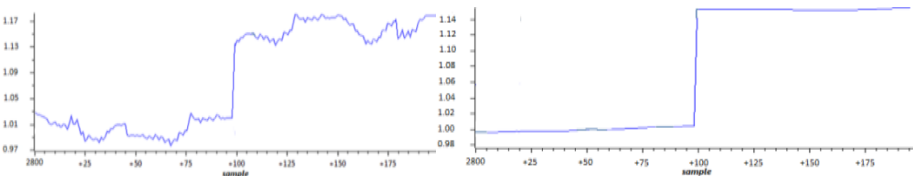


Hình 5.1. Đo lường và lọc Kalman cho điện trở đường dây



Hình 5.2. Đo lường và lọc Kalman cho điện cảm đường dây

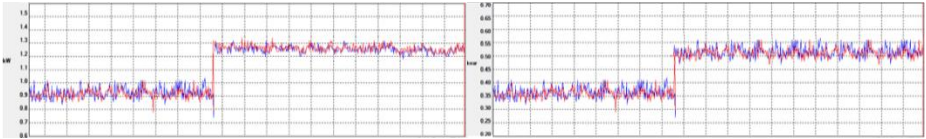
2. Đo lường và lọc cho điện trở có $R_{\text{actual}} = 1\Omega$, khi nhiệt độ môi trường thay đổi thì điện trở thực tế của đường dây là $R_{\text{actual}} = 1.15\Omega$:



Hình 5.3. Đo lường và lọc Kalman cho điện trở đường dây

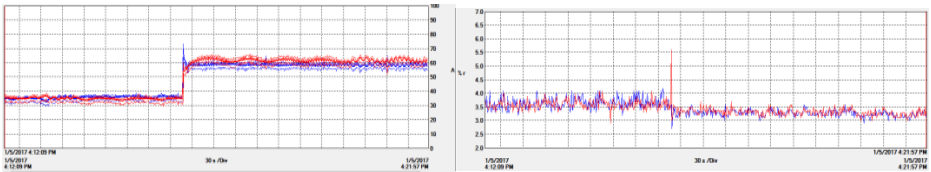
5.2.2 Thiết lập thí nghiệm chia công suất cho các bộ nghịch lưu với bộ điều khiển thích nghi đề xuất

1. Microgrid gồm có hai bộ nghịch lưu giống nhau kết nối song song, trở kháng hai đường dây khác nhau:



Hình 5.4. Chia công suất tác dụng và phản kháng cho hai bộ nghịch lưu

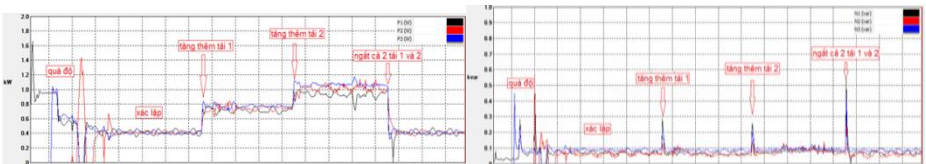
Hình 5.4 cho thấy bộ điều khiển đề xuất thực hiện chia công suất đúng theo tỉ lệ định mức cho hai bộ nghịch lưu, trước và sau khi thay đổi tải.



Hình 5.5. Dòng điện chạy trên dây pha và tổng độ méo dạng của điện áp tải

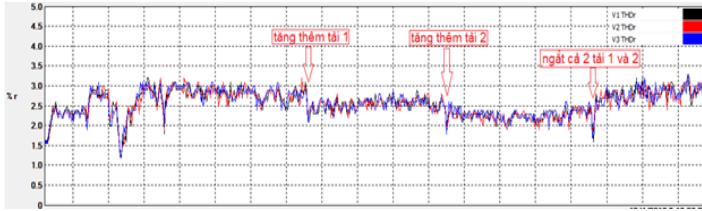
Hình 5.5 cho thấy khi tải tăng lên điện áp tải sụt giảm, tổng độ méo dạng của điện áp tải nằm trong khoảng (từ 3.2% đến 3.5%).

2. Microgrid gồm có ba bộ nghịch lưu giống nhau kết nối song song, trở kháng các đường dây khác nhau, tải thay đổi trong quá trình thí nghiệm:



Hình 5.6. Đồ thị chia công suất tác dụng và phản kháng cho ba bộ nghịch lưu

Hình 5.6 cho thấy bộ điều khiển đề xuất thực hiện chia công suất đúng theo tỉ lệ định mức cho ba bộ nghịch lưu, trước và sau khi thay đổi tải.



Hình 5.7. Phân tích độ méo dạng của điện áp đặt lên tải

Hình 5.7 cho thấy khi tải tăng lên thì điện áp tải sụt giảm, tổng độ méo dạng của điện áp tải nằm trong khoảng (từ 3.0% đến 3.2%).

5.2.3 Kết luận về thí nghiệm của bộ điều khiển đề xuất

Thí nghiệm cho thấy phương pháp đo lường trở kháng đường dây LSM cho kết quả tốt, biên độ dao động nhỏ, bộ lọc Kalman lọc nhiễu tốt, sai lệch khi đo lường điện trở và điện cảm nhỏ hơn rất nhiều so với kết quả của các nhóm nghiên cứu [87] và [117]. Thí nghiệm đã dùng bộ điều khiển thích nghi đề xuất để thực hiện chia công suất cho microgrid độc lập gồm có hai hoặc ba bộ nghịch lưu kết nối song song, trở kháng các đường dây khác nhau, tải thay đổi trong quá trình thí nghiệm. Từ các kết quả thực nghiệm trên cho thấy bộ điều khiển thích nghi đề xuất chia đúng công suất theo tỉ lệ định mức cho các bộ nghịch lưu trong trường hợp trở kháng đường dây khác nhau. Kết quả thực nghiệm hoàn toàn phù hợp với lý thuyết. Tuy nhiên việc chia công suất còn dao động, do trở kháng trên các pha chưa được điều chỉnh hoàn toàn cân bằng, và do ảnh hưởng của nhiễu đo lường.

6.1 Kết luận

Trong Luận án “Điều khiển thích nghi các bộ nghịch lưu kết nối song song trong microgrid”, tác giả đã có những đóng góp khoa học vào lĩnh vực điều khiển công suất trong microgrid như sau:

1. Thiết kế được bộ điều khiển thích nghi để thực hiện chia công suất đúng theo tỉ lệ công suất định mức của các bộ nghịch lưu mà không bị ảnh hưởng bởi trở kháng đường dây và tải cục bộ. Có ưu điểm về độ chính xác trong việc chia công suất, chất lượng điện áp và tốc độ đáp ứng của bộ điều khiển đề xuất so với bộ điều khiển truyền thống hay các bộ điều khiển cải tiến của các nhóm nghiên cứu trước đây.
2. Trình bày được phương pháp đo lường và lọc Kalman cho trở kháng đường dây theo thời gian thực. Các kết quả mô phỏng và thực nghiệm cũng đã cho thấy phương pháp đo lường trở kháng đường dây cho kết quả tốt, biên độ dao động nhỏ, bộ lọc Kalman lọc nhiễu tốt. Kết quả của phương pháp này cũng đã được so sánh với kết quả của các nhóm nghiên cứu gần đây.
3. Trình bày và chứng minh được khả năng đáp ứng của bộ điều khiển đề xuất khi có ảnh hưởng của tải cục bộ mà các nhóm nghiên cứu trước đây chưa đề cập đến vấn đề này.
4. Đưa ra giải pháp nâng cao độ chính xác trong việc chia công suất và độ tin cậy cho bộ điều khiển đề xuất khi truyền thông bị chậm trễ hay gián đoạn. Các kết quả mô phỏng và thực nghiệm đã chứng minh bộ điều khiển này luôn đáp ứng tốt mục đích đặt ra mà không bị hạn chế trong

bất cứ tình trạng biến đổi nào của thông số đường dây, thông số tải và chất lượng truyền thông. Đây cũng là vấn đề mà các nhóm nghiên cứu trước đây chưa đề cập đến.

5. Thiết kế được bộ điều khiển droop trở kháng ảo kết hợp với thuật toán ước lượng trở kháng đường dây. Ưu điểm của bộ điều khiển này là không cần sử dụng bus truyền thông mà vẫn đảm bảo chia công suất tốt và khắc phục được tình trạng gây ra sụt áp đáng kể như kết quả nghiên cứu của các nhóm nghiên cứu trước đây về phương pháp trở kháng ảo.

6.2 Hướng phát triển

Mặc dù trong luận án, tác giả đã nhận được những kết quả trong lĩnh vực điều khiển thích nghi chia công suất tác dụng và phản kháng giữa các bộ nghịch lưu kết nối song song trong Microgrid, nhưng việc áp dụng cho các tải phi tuyến còn hạn chế và gặp nhiều khó khăn. Vì vậy hướng nghiên cứu sau các kết quả này là điều khiển nâng cao chất lượng điện cung cấp cho tải, giảm tổng độ méo dạng sóng hài - THD (Total harmonic distortion) của điện áp đến mức tối thiểu trong trường hợp tải phi tuyến hay tải không cân bằng.

DANH MỤC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ

- **Bài báo đăng trên tạp chí thuộc danh mục ISI:**

1. Phuong Minh Le, Xuan Hoa Thi Pham, Huy Minh Nguyen, Duc Duy Vo Hoang, Tuyen Dinh Nguyen, Dieu Ngoc Vo “Line Impedance Estimation Based Adaptive Droop Control Method for Parallel Inverters”, *Journal of Power Electronics*, Vol. 18, No. 1, pp. 234-250, January 2018

- **Bài báo đăng trên tạp chí trong nước:**

2. Phạm Thị Xuân Hoa, “ Adjusting the Voltage and Frequency based on Fuzzy logic Control for Parallel Inverters in Microgrid”, *Journal of*

science & technology technical universities, ISSN 2354-1083, 110 (2016) 029-035.

3. Lê Minh Phương, Hoàng Võ Đức Duy, Phạm Thị Xuân Hoa, Nguyễn Minh Huy, “New adaptive droop control with combined line impedance estimation method for parallel inverters”, *Tạp chí Phát triển KH&CN - ĐHQG-HCM*, ISSN-1859-0128, tập 19, số K7-2016, pp.45-64.
4. Phạm Thị Xuân Hoa, Nguyễn Minh Huy, “Phương pháp điều khiển sliding mode và droop control cho các bộ nghịch lưu trong Microgrid”, *Science & Technology Development-VNU-HCM*, ISSN 1859-0128, vol. 19, 2016, pp.40-50.
5. Lê Minh Phương, Lê Tấn Đại, Phạm Thị Xuân Hoa, “Giải thuật điều khiển mới chia công suất trong các bộ nghịch lưu song song khi tải phi tuyến”, *Science & Technology Development-VNU-HCM*, ISSN 1859-0128, vol. 18, 2015, pp 16-28.
6. Lê Minh Phương, Hoàng Võ Đức Duy, Phạm Thị Xuân Hoa, Nguyễn Minh Huy, Võ Ngọc Điều, “Điều khiển thích nghi mới chia công suất tác dụng và công suất phản kháng trong chế độ lưới độc lập”, *Tạp chí Phát triển KH&CN - ĐHQG-HCM*, ISSN-1859-0128, tập 19, số K7-2016, pp.14-34.
 - **Bài báo đăng trên kỷ yếu hội nghị quốc tế:**
7. Phuong Le Minh, Hoa Pham Thi Xuan, Duy Vo Hoang Duc, Huy Nguyen Minh, “Control of power in an island Microgrid using Adaptive Droop control”, 2017 International conference on system science and Engineering (ICSSE), pp. 162-167.
8. Phuong Le Minh, Hoa Pham Thi Xuan, Duy Vo Hoang Duc, Huy Nguyen Minh, “Control of power sharing in an island Microgrid using virtual impedance”, 2017 International conference on system science and Engineering (ICSSE), pp. 168-173.
9. Phuong Le Minh, Hoa Pham Thi Xuan, Duy Vo Hoang Duc, Huy Nguyen Minh, “Control of power inverter in islanded microgrids based on online line impedance estimation”, 2017 International conference on system science and Engineering (ICSSE), pp. 194-199.