

PSFB (Phase-Shifted Full Bridge) và LLC (Resonant Converter) là hai loại mạch inverter phổ biến, mỗi loại có ưu và nhược điểm riêng. Cả hai đều được sử dụng trong các ứng dụng cung cấp nguồn điện hiệu suất cao, nhưng chúng hoạt động theo các nguyên lý khác nhau. Dưới đây là sự so sánh chi tiết giữa PSFB và LLC inverter:

## 1. Nguyên lý hoạt động

- **PSFB (Phase-Shifted Full Bridge):**
  - Là một dạng của mạch full-bridge, trong đó các transistor ở mỗi nửa của cầu cầu được điều khiển bằng cách thay đổi pha của tín hiệu điều khiển. Điều này giúp giảm thiểu các tổn thất do chuyển mạch.
  - PSFB chủ yếu sử dụng chuyển mạch với tín hiệu vuông và qua đó điều chỉnh pha để kiểm soát điện áp đầu ra.
- **LLC (Resonant Converter):**
  - Là một mạch chuyển mạch cộng hưởng, nơi việc chuyển mạch diễn ra theo nguyên lý cộng hưởng của mạch LC (điện dung và cuộn cảm) để đạt được sự chuyển đổi hiệu quả.
  - LLC hoạt động ở tần số cộng hưởng, nghĩa là mạch hoạt động theo cách mà các chuyển mạch (MOSFET) đều diễn ra ở điểm cộng hưởng, giúp giảm tổn thất chuyển mạch và làm việc ở tần số cao hơn.

## 2. Hiệu suất

- **PSFB:**
  - Có hiệu suất tốt ở các ứng dụng có công suất vừa và cao.
  - Tổn thất chuyển mạch chủ yếu phụ thuộc vào tốc độ chuyển mạch và các hiệu ứng liên quan đến chuyển mạch vuông.
  - Phù hợp với các ứng dụng đòi hỏi chuyển mạch nhanh và ổn định.
- **LLC:**
  - Cung cấp hiệu suất cao hơn trong các ứng dụng có tải nhẹ đến trung bình và đặc biệt khi hoạt động ở tần số cao.
  - Tổn thất chuyển mạch thấp nhờ vào nguyên lý cộng hưởng, giúp giảm đáng kể hao phí năng lượng trong quá trình chuyển mạch.

## 3. Đặc điểm điều khiển

- **PSFB:**
  - Điều khiển dễ dàng thông qua sự thay đổi pha của các tín hiệu điều khiển, có thể đạt được điều khiển điện áp và dòng điện ổn định.
  - Cần thiết phải điều chỉnh chu kỳ làm việc để tối ưu hiệu suất.
- **LLC:**
  - Điều khiển phức tạp hơn, nhưng có thể đạt được đặc tính điều khiển mượt mà hơn nhờ vào khả năng tự động điều chỉnh ở tần số cộng hưởng.
  - Điều khiển thông qua sự thay đổi tần số và điều khiển điện áp đầu ra theo yêu cầu.

## 4. Kích thước và chi phí

- **PSFB:**
  - Thường có mạch phức tạp và yêu cầu nhiều linh kiện hơn, dẫn đến kích thước và chi phí cao hơn trong một số trường hợp.
  - Dễ dàng điều chỉnh công suất và hiệu suất, phù hợp với các ứng dụng công suất lớn.
- **LLC:**
  - Có thể đạt hiệu suất cao hơn với kích thước nhỏ hơn, đặc biệt ở các công suất vừa và nhỏ.
  - Tuy nhiên, yêu cầu các linh kiện cộng hưởng đặc biệt và điều khiển phức tạp, do đó chi phí có thể cao hơn ở một số ứng dụng.

## 5. Ứng dụng

- **PSFB:**
  - Thường được sử dụng trong các ứng dụng có công suất lớn như các bộ nguồn công nghiệp, nguồn cấp cho các thiết bị điện tử công suất cao.
  - Phù hợp cho các hệ thống cần công suất ổn định và tính linh hoạt trong điều khiển.
- **LLC:**
  - Thường được sử dụng trong các ứng dụng công suất trung bình và thấp như nguồn điện cho các thiết bị tiêu thụ điện năng thấp và các ứng dụng trong ngành ô tô, máy tính, và điện thoại.
  - Phù hợp cho các ứng dụng cần hiệu suất cao và chi phí thấp.

### Tóm lại:

- **PSFB** thích hợp cho các ứng dụng có công suất cao và yêu cầu sự ổn định trong điều khiển điện áp và dòng điện.
- **LLC** thích hợp cho các ứng dụng cần hiệu suất cao và tiết kiệm năng lượng, đặc biệt khi hoạt động ở công suất trung bình và thấp.

Mỗi loại inverter có ưu điểm và ứng dụng riêng tùy thuộc vào yêu cầu về công suất, hiệu suất và chi phí của hệ thống.

Có vẻ như bạn đang thảo luận về một mạch điện tử, có thể liên quan đến các bộ nguồn DC-DC hay các mạch chuyển mạch, đặc biệt là trong lĩnh vực cung cấp năng lượng và các mạch PFC (Power Factor Correction). Tuy nhiên, câu hỏi của bạn chưa thật sự rõ ràng về bối cảnh cụ thể, nhưng tôi sẽ giải thích một số khái niệm và mạch có thể liên quan đến việc bạn đề cập.

1. **Chỉnh cuộn Lr để PSFB đạt ZVS (Zero Voltage Switching):**

- **PSFB (Phase Shift Full Bridge)** là một loại mạch chuyển mạch phổ biến, đặc biệt trong các bộ nguồn DC-DC hoặc bộ nguồn AC-DC. Để đạt được ZVS, bạn cần điều chỉnh cách mà các công tắc (MOSFET, IGBT) chuyển mạch để làm sao điện áp qua các công tắc này bằng không trước khi dòng điện bắt đầu chảy qua chúng.
- Để đạt ZVS, bạn thường cần điều chỉnh các cuộn cảm (L) và các giá trị tụ (C) sao cho quá trình chuyển mạch không tạo ra tổn thất quá lớn. Bạn có thể điều chỉnh các thông số của cuộn cảm (L) và điện trở để giúp giảm thiểu tổn thất chuyển mạch, tối ưu hóa ZVS trong mạch PSFB.

2. **Bridgeless PFC:**

- Mạch **Bridgeless PFC** (Power Factor Correction) giúp cải thiện hệ số công suất (power factor) của bộ nguồn. Đây là một mạch thông minh giúp loại bỏ các điốt cầu chỉnh lưu (bridge rectifier), qua đó giảm tổn thất điện năng và tăng hiệu suất.
- Khi sử dụng mạch bridgeless PFC, bạn có thể tối ưu hóa việc chỉnh lưu và tăng hiệu suất mạch khi cung cấp điện cho các tải.

Nếu bạn có các thông số cụ thể hoặc các câu hỏi chi tiết hơn về cách điều chỉnh mạch hoặc các vấn đề bạn gặp phải trong việc đạt ZVS hoặc sử dụng bridgeless PFC, đừng ngần ngại cung cấp thêm thông tin để tôi có thể giúp bạn cụ thể hơn.

PFC (Power Factor Correction) trong inverter là một công nghệ hoặc mạch điện được sử dụng để cải thiện hệ số công suất (power factor) của một hệ thống điện. Hệ số công suất là tỷ lệ giữa công suất thực (real power) và công suất biểu kiến (apparent power) trong một mạch điện. Mục tiêu của PFC là làm cho hệ số công suất gần bằng 1, tức là công suất thực và công suất biểu kiến gần như bằng nhau, giúp giảm thiểu tổn thất năng lượng và cải thiện hiệu suất hoạt động của hệ thống.

Trong các bộ biến tần (inverter), PFC có thể giúp điều chỉnh dòng điện đầu vào sao cho có dạng sóng gần với dạng sóng sinusoidal, từ đó làm giảm các nhiễu sóng hài (harmonics) và tăng hiệu suất chuyển đổi năng lượng. Điều này đặc biệt quan trọng trong các hệ thống điện như máy biến tần dùng trong công nghiệp, năng lượng tái tạo (như năng lượng mặt trời) và các thiết bị điện tử khác.

Có hai loại PFC phổ biến:

1. **PFC chủ động (Active PFC):** Sử dụng các mạch điện tử phức tạp (thường là các bộ điều khiển công suất và các thành phần như MOSFET, IGBT) để điều chỉnh dòng điện đầu vào sao cho đạt được hệ số công suất cao (thường là  $> 0.95$ ).
2. **PFC thụ động (Passive PFC):** Sử dụng các linh kiện thụ động như cuộn cảm và tụ điện để lọc và làm cho dòng điện đầu vào gần giống với dạng sóng sinusoidal, nhưng không hiệu quả bằng PFC chủ động.

Trong các bộ inverter hiện đại, PFC chủ động thường được sử dụng để tối ưu hóa hiệu suất và giảm thiểu các tác động tiêu cực đến lưới điện.

Power Factor Correction (PFC) là một quá trình điều chỉnh hệ số công suất của hệ thống điện, đảm bảo dòng điện đầu vào có pha gần giống với điện áp nguồn, giúp tối ưu hóa hiệu suất và giảm thiểu tổn thất năng lượng. PFC có thể bao gồm các phần sau:

### 1. Mạch điều khiển (Control Circuit):

Mạch điều khiển là bộ não của hệ thống PFC, nó giám sát và điều chỉnh hoạt động của các thành phần khác để đảm bảo hệ số công suất được cải thiện. Mạch điều khiển thường sử dụng các thuật toán điều khiển vòng kín (closed-loop control) để kiểm soát dòng điện đầu vào sao cho nó đồng pha với điện áp nguồn.

- **PWM Controller (Bộ điều khiển độ rộng xung):** Điều khiển các chuyển mạch như MOSFET để điều chỉnh dòng điện sao cho có hệ số công suất cao.
- **Feedback System (Hệ thống phản hồi):** Đo lường dòng điện và điện áp để cung cấp thông tin phản hồi cho mạch điều khiển.

### 2. Mạch chuyển đổi (Converter Circuit):

Mạch chuyển đổi là nơi thực hiện các quá trình chuyển đổi điện năng, từ điện áp AC đầu vào thành điện áp DC hoặc chuyển đổi từ DC sang AC. Có các loại mạch chuyển đổi phổ biến trong PFC như:

- **PFC Boost Converter:** Dùng trong các ứng dụng PFC chủ động, chuyển đổi điện áp AC thành DC và tăng điện áp này để đạt được dòng điện đồng pha với điện áp nguồn.
- **Buck-Boost Converter:** Dùng để điều chỉnh điện áp trong trường hợp điện áp đầu vào thấp hơn hoặc cao hơn điện áp mong muốn.

### 3. Các thành phần thụ động (Passive Components):

Các thành phần thụ động trong hệ thống PFC giúp điều chỉnh và lọc dòng điện đầu vào:

- **Cuộn cảm (Inductor):** Giúp hạn chế sự biến thiên đột ngột của dòng điện và giúp điều chỉnh dòng điện sao cho mượt mà hơn.
- **Tụ điện (Capacitor):** Giúp ổn định điện áp DC và làm mượt các sóng xung (ripple) trong mạch.
- **Điện trở (Resistor):** Đôi khi được sử dụng để ổn định và bảo vệ mạch.

### 4. Chuyển mạch (Switching Devices):

Các thiết bị chuyển mạch (như MOSFET, IGBT, hoặc BJT) được sử dụng để điều khiển quá trình chuyển đổi giữa các chế độ dòng điện và điện áp khác nhau. Chúng được điều khiển bởi mạch điều khiển, giúp tạo ra các tín hiệu xung để điều chỉnh dòng điện.

- **MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor):** Là thiết bị chuyển mạch phổ biến trong các mạch PFC nhờ tính hiệu quả và khả năng điều khiển chính xác.

- **IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor):** Được sử dụng trong các ứng dụng công suất cao.

## 5. Cảm biến (Sensors):

Cảm biến dùng để đo các thông số quan trọng như điện áp, dòng điện, và tần số của nguồn cấp để hệ thống PFC có thể điều chỉnh mạch điều khiển cho phù hợp. Các cảm biến này cung cấp tín hiệu phản hồi liên tục về trạng thái của hệ thống.

- **Cảm biến dòng điện (Current Sensor):** Đo dòng điện để xác định mức độ điều chỉnh cần thiết.
- **Cảm biến điện áp (Voltage Sensor):** Đo điện áp để đảm bảo điện áp đầu vào và đầu ra là ổn định.

## 6. Mạch bảo vệ (Protection Circuit):

Mạch bảo vệ giúp ngăn ngừa các hư hỏng có thể xảy ra do quá tải, quá nhiệt, hoặc ngắn mạch. Điều này giúp bảo vệ hệ thống và các linh kiện điện tử khỏi các sự cố.

- **Bảo vệ quá tải:** Đảm bảo không có quá nhiều dòng điện chảy qua mạch.
- **Bảo vệ quá nhiệt:** Ngừng hoạt động của mạch nếu nhiệt độ vượt quá giới hạn cho phép.
- **Bảo vệ ngắn mạch:** Giúp tắt mạch khi có sự cố ngắn mạch.

## Tóm tắt các phần chính trong PFC:

1. **Mạch điều khiển (Control Circuit)**
2. **Mạch chuyển đổi (Converter Circuit)**
3. **Các thành phần thụ động (Passive Components)**
4. **Chuyển mạch (Switching Devices)**
5. **Cảm biến (Sensors)**
6. **Mạch bảo vệ (Protection Circuit)**

Mỗi phần trong hệ thống PFC đều đóng vai trò quan trọng trong việc điều chỉnh hệ số công suất và đảm bảo hệ thống hoạt động hiệu quả.

**PFC Boost Converter** là một loại mạch chuyển đổi (converter) sử dụng trong hệ thống Power Factor Correction (PFC), nhằm cải thiện hệ số công suất (Power Factor) của nguồn điện. Mạch này có chức năng chuyển đổi điện áp AC đầu vào thành điện áp DC, đồng thời tăng cường hệ số công suất để làm cho dòng điện đầu vào có pha gần với điện áp nguồn, giúp giảm thiểu các tổn thất năng lượng và cải thiện hiệu suất hệ thống.

### Nguyên lý hoạt động của PFC Boost Converter:

1. **Điện áp đầu vào AC:** Mạch bắt đầu nhận tín hiệu điện áp xoay chiều (AC) từ nguồn cấp.
2. **Chỉnh lưu:** Đầu vào AC sẽ được chỉnh lưu thông qua cầu chỉnh lưu (rectifier), chuyển thành điện áp một chiều (DC). Tuy nhiên, điện áp này vẫn có thể có nhiễu hoặc sóng xung.
3. **Chuyển mạch Boost:** Mạch Boost sử dụng các linh kiện chuyển mạch như MOSFET và diode. Các linh kiện này được điều khiển bởi mạch điều khiển PWM (Pulse Width Modulation) để điều chỉnh tần suất và độ rộng xung.
4. **Cuộn cảm (Inductor):** Một cuộn cảm được sử dụng để lưu trữ năng lượng khi điện áp tăng lên trong quá trình chuyển mạch. Cuộn cảm giúp tạo ra dòng điện mượt mà và đồng pha với điện áp nguồn.
5. **Điều chỉnh điện áp DC:** Sau khi chuyển mạch, điện áp DC đầu ra được điều chỉnh và ổn định, có thể cao hơn điện áp đầu vào, tùy vào tỷ lệ biến đổi của mạch Boost.
6. **Điều chỉnh dòng điện đầu vào:** Mạch điều khiển PFC sẽ giám sát và điều chỉnh độ rộng xung PWM để đảm bảo dòng điện đầu vào đồng pha với điện áp nguồn. Điều này giúp cải thiện hệ số công suất, làm cho nó gần với giá trị 1, nghĩa là dòng điện gần như trở thành "năng lượng thực" (real power), giảm thiểu công suất phản kháng (reactive power).

### Các thành phần chính trong PFC Boost Converter:

1. **MOSFET (Switching Transistor):** Là linh kiện chuyển mạch chủ yếu, điều khiển dòng điện trong mạch Boost. Khi MOSFET đóng, dòng điện đi qua cuộn cảm, còn khi MOSFET mở, năng lượng được truyền qua diode đến tụ điện.
2. **Diode:** Dùng để chỉnh lưu và cho phép dòng điện chỉ đi theo một hướng. Diode sẽ hoạt động khi MOSFET mở.
3. **Cuộn cảm (Inductor):** Lưu trữ năng lượng từ nguồn cấp và chuyển hóa năng lượng này trong quá trình chuyển mạch. Cuộn cảm đóng vai trò quan trọng trong việc duy trì dòng điện ổn định và giảm thiểu nhiễu.
4. **Tụ điện (Capacitor):** Dùng để ổn định điện áp DC đầu ra và giảm sóng xung (ripple). Tụ điện giúp duy trì điện áp ổn định trong suốt quá trình hoạt động.
5. **Mạch điều khiển (Control Circuit):** Thực hiện điều khiển độ rộng xung (PWM) cho MOSFET. Mạch điều khiển sẽ theo dõi điện áp đầu vào và dòng điện đầu vào để điều chỉnh sao cho hệ số công suất được cải thiện.

### Ưu điểm của PFC Boost Converter:

- **Cải thiện hệ số công suất:** Mạch PFC Boost Converter giúp dòng điện đầu vào đồng pha với điện áp, do đó hệ số công suất sẽ gần đạt 1. Điều này giúp giảm thiểu công suất phản kháng và nâng cao hiệu suất hệ thống.

- **Hiệu suất cao:** PFC Boost Converter có thể đạt được hiệu suất chuyển đổi năng lượng cao, giúp tiết kiệm năng lượng và giảm nhiệt sinh ra trong hệ thống.
- **Giảm nhiễu điện từ:** Mạch Boost giúp giảm nhiễu sóng xung và các tín hiệu gây nhiễu, giúp hệ thống hoạt động ổn định hơn.
- **Ứng dụng rộng rãi:** PFC Boost Converter thường được sử dụng trong các thiết bị điện tử tiêu dùng, nguồn điện máy tính, bộ nguồn AC-DC, và các thiết bị cần cải thiện hệ số công suất.

### **Nhược điểm của PFC Boost Converter:**

- **Chi phí cao:** So với các mạch chỉnh lưu thụ động đơn giản, mạch PFC Boost Converter có cấu trúc phức tạp hơn và yêu cầu các linh kiện chuyên mạch đắt tiền.
- **Quá trình điều khiển phức tạp:** Mạch điều khiển PWM và các thành phần điều khiển phức tạp yêu cầu kiến thức sâu về mạch điện tử và có thể gặp khó khăn khi thực hiện.

### **Tóm tắt:**

PFC Boost Converter là một mạch chuyển đổi năng lượng quan trọng trong các hệ thống điện để cải thiện hệ số công suất. Mạch này sử dụng cuộn cảm, MOSFET, diode và mạch điều khiển PWM để điều chỉnh dòng điện sao cho hệ số công suất đạt gần giá trị tối ưu (gần 1). Nó không chỉ cải thiện hiệu suất mà còn giảm thiểu các vấn đề về nhiễu và tổn thất năng lượng.



**Buck-Boost Converter** là một loại mạch chuyển đổi DC-DC, có khả năng điều chỉnh điện áp đầu ra sao cho có thể lớn hơn hoặc nhỏ hơn điện áp đầu vào, tùy thuộc vào nhu cầu ứng dụng. Mạch này kết hợp đặc tính của mạch **Buck Converter** (giảm điện áp) và **Boost Converter** (tăng điện áp), cho phép nó có thể vừa giảm điện áp, vừa tăng điện áp từ nguồn DC đầu vào.

### Nguyên lý hoạt động của Buck-Boost Converter:

Buck-Boost Converter có thể hoạt động ở cả hai chế độ: **Chế độ tăng điện áp (Boost)** và **Chế độ giảm điện áp (Buck)**. Tùy thuộc vào điều kiện đầu vào, mạch sẽ điều chỉnh cách thức hoạt động sao cho điện áp đầu ra đạt được giá trị mong muốn.

1. **Chế độ giảm điện áp (Buck mode):** Khi điện áp đầu vào cao hơn điện áp đầu ra, mạch sẽ hoạt động giống như một Buck Converter, giảm điện áp từ mức cao của nguồn điện xuống mức thấp của điện áp đầu ra.
2. **Chế độ tăng điện áp (Boost mode):** Khi điện áp đầu vào thấp hơn điện áp đầu ra, mạch sẽ hoạt động giống như một Boost Converter, tăng điện áp từ mức thấp của nguồn điện lên mức cao hơn.

### Các thành phần chính trong Buck-Boost Converter:

1. **Cuộn cảm (Inductor):** Cuộn cảm lưu trữ năng lượng và giúp điều chỉnh dòng điện trong mạch. Cuộn cảm đóng vai trò quan trọng trong việc giảm sóng xung (ripple) và duy trì dòng điện ổn định trong suốt quá trình chuyển mạch.
2. **MOSFET (Transistor):** Là linh kiện chuyển mạch, điều khiển quá trình mở và đóng của mạch. MOSFET được điều khiển bằng mạch PWM để thay đổi độ rộng xung và tần số chuyển mạch.
3. **Diode:** Dùng để đảm bảo dòng điện chỉ di chuyển theo một hướng, giúp duy trì ổn định dòng điện trong mạch khi MOSFET mở và đóng.
4. **Tụ điện (Capacitor):** Dùng để lọc và ổn định điện áp đầu ra, giảm các sóng xung và giữ cho điện áp đầu ra mượt mà và ổn định.
5. **Mạch điều khiển (Control Circuit):** Mạch điều khiển sử dụng tín hiệu PWM để điều khiển độ rộng xung, giúp điều chỉnh quá trình chuyển mạch và điện áp đầu ra.

### Nguyên lý hoạt động chi tiết:

- Khi **MOSFET đóng**: Dòng điện từ nguồn đầu vào sẽ đi qua cuộn cảm, và năng lượng được lưu trữ trong cuộn cảm.
- Khi **MOSFET mở**: Năng lượng lưu trữ trong cuộn cảm sẽ được chuyển qua diode và cung cấp cho tụ điện để duy trì điện áp đầu ra. Trong quá trình này, nếu điện áp đầu vào thấp hơn điện áp đầu ra, cuộn cảm sẽ giúp tăng điện áp. Nếu điện áp đầu vào cao hơn, cuộn cảm sẽ giúp giảm điện áp.

Mạch Buck-Boost Converter có thể điều chỉnh điện áp đầu ra bằng cách thay đổi độ rộng xung PWM và điều chỉnh tần số chuyển mạch, giúp tạo ra điện áp ổn định dù điện áp đầu vào có thay đổi.

## Ưu điểm của Buck-Boost Converter:

1. **Linh hoạt với các mức điện áp đầu vào khác nhau:** Mạch có thể hoạt động khi điện áp đầu vào cao hơn hoặc thấp hơn điện áp đầu ra, giúp thích ứng với các ứng dụng có điện áp nguồn không ổn định.
2. **Đơn giản và tiết kiệm không gian:** Mạch Buck-Boost có thể thay thế cho các mạch Boost hoặc Buck đơn lẻ trong một số ứng dụng, giảm số lượng linh kiện và tiết kiệm không gian trong thiết kế.
3. **Hiệu suất tốt:** Mạch này có thể duy trì hiệu suất chuyển đổi điện năng cao, đặc biệt trong các ứng dụng yêu cầu điều chỉnh điện áp chính xác và ổn định.

## Nhược điểm của Buck-Boost Converter:

1. **Cấu trúc phức tạp hơn:** So với các mạch chuyển đổi Buck hoặc Boost đơn giản, mạch Buck-Boost có cấu trúc phức tạp hơn và yêu cầu sự điều khiển linh hoạt hơn.
2. **Điện áp đầu ra có thể có sóng xung (Ripple):** Mặc dù tụ điện giúp giảm sóng xung, mạch Buck-Boost vẫn có thể sinh ra sóng xung trong điện áp đầu ra, gây ảnh hưởng đến một số ứng dụng yêu cầu điện áp mượt mà và ổn định.
3. **Chi phí và không gian:** Cấu trúc phức tạp hơn có thể yêu cầu nhiều linh kiện hơn và tốn thêm không gian trên bảng mạch.

## Ứng dụng của Buck-Boost Converter:

- **Cung cấp năng lượng cho các thiết bị điện tử di động:** Các mạch cung cấp năng lượng ổn định cho các thiết bị cần điện áp thay đổi, chẳng hạn như điện thoại di động, máy tính bảng và các thiết bị gia dụng khác.
- **Điều chỉnh điện áp cho các bộ nguồn pin:** Trong các ứng dụng sử dụng pin hoặc nguồn năng lượng tái tạo, Buck-Boost Converter giúp điều chỉnh điện áp từ nguồn không ổn định (như pin hoặc năng lượng mặt trời) để cung cấp điện áp ổn định cho các thiết bị.
- **Nguồn điện cho các mạch điều khiển và cảm biến:** Các mạch yêu cầu một điện áp ổn định, dù điện áp đầu vào có thay đổi.

## Tóm tắt:

**Buck-Boost Converter** là một mạch chuyển đổi DC-DC có khả năng tăng hoặc giảm điện áp đầu ra so với điện áp đầu vào. Nó cung cấp sự linh hoạt trong việc điều chỉnh điện áp cho các ứng dụng cần điện áp ổn định từ nguồn không ổn định, kết hợp các tính năng của mạch Buck và Boost. Mặc dù có những lợi ích về sự linh hoạt và hiệu suất, mạch này có thể phức tạp hơn và sinh ra sóng xung trong điện áp đầu ra.

Để thiết kế một mạch **PFC Boost Converter** (Power Factor Correction Boost Converter), chúng ta cần thực hiện một số bước tính toán và chọn các linh kiện phù hợp. Quá trình thiết kế này bao gồm việc tính toán các giá trị của cuộn cảm (inductor), tụ điện (capacitor), và các linh kiện chuyển mạch (MOSFET, diode) dựa trên các thông số của hệ thống.

## 1. Thông số đầu vào và đầu ra:

Để bắt đầu, cần xác định các thông số đầu vào và đầu ra của hệ thống:

- **Điện áp đầu vào ( $V_{in}$ ):** Đây là điện áp xoay chiều (AC) từ nguồn. Ví dụ, có thể là 230V AC.
- **Điện áp đầu ra ( $V_{out}$ ):** Đây là điện áp một chiều (DC) cần đạt được. Ví dụ, 400V DC.
- **Dòng điện đầu ra ( $I_{out}$ ):** Dòng điện cần cung cấp cho tải, ví dụ, 0.5A.
- **Tần số chuyển mạch ( $f_s$ ):** Tần số hoạt động của bộ chuyển mạch. Ví dụ, 100kHz.

## 2. Tính toán các giá trị của các thành phần trong mạch PFC Boost Converter:

### a. Tính toán điện áp đầu ra ( $V_{out}$ ) từ điện áp đầu vào ( $V_{in}$ ):

Mạch PFC Boost Converter có thể tăng điện áp từ điện áp đầu vào lên điện áp đầu ra cao hơn. Công thức cơ bản để tính điện áp đầu ra là:

$$V_{out} = \frac{V_{in}}{1 - D}$$

Trong đó:

- $V_{in}$  là điện áp đầu vào
- $V_{out}$  là điện áp đầu ra
- $D$  là chu kỳ làm việc (duty cycle), là tỉ lệ thời gian MOSFET được mở trong một chu kỳ chuyển mạch.



**b. Tính toán chu kỳ làm việc (Duty Cycle - D):**

Chu kỳ làm việc  $D$  có thể tính được từ công thức:

$$D = 1 - \frac{V_{in}}{V_{out}}$$

Với ví dụ trên:

- $V_{in} = 230V$
- $V_{out} = 400V$

Áp dụng công thức:

$$D = 1 - \frac{230}{400} = 1 - 0.575 = 0.425$$

Điều này có nghĩa là MOSFET sẽ mở khoảng 42.5% thời gian trong mỗi chu kỳ chuyển mạch.

**c. Tính toán giá trị cuộn cảm (Inductor - L):**

Cuộn cảm trong PFC Boost Converter giúp lưu trữ năng lượng và điều chỉnh dòng điện. Giá trị cuộn cảm có thể được tính theo công thức:

$$L = \frac{V_{in} \cdot (1 - D)}{f_s \cdot \Delta I_L}$$

Trong đó:

- $\Delta I_L$  là sự thay đổi của dòng điện qua cuộn cảm (thường được chọn là 20-30% của dòng điện đầu ra).
- $f_s$  là tần số chuyển mạch.

Giả sử:

- $\Delta I_L = 0.3 \cdot I_{out} = 0.3 \cdot 0.5A = 0.15A$
- $f_s = 100kHz = 100,000Hz$

Áp dụng công thức:

$$L = \frac{230 \cdot (1 - 0.425)}{100,000 \cdot 0.15} = \frac{230 \cdot 0.575}{15,000} = 0.00913H = 9.13mH$$

Vậy giá trị cuộn cảm là khoảng **9.13 mH**.

#### **d. Tính toán giá trị tụ điện (Capacitor - C):**

Tụ điện đầu ra giúp lọc và ổn định điện áp DC đầu ra. Giá trị tụ điện có thể tính từ công thức:

$$C = \frac{I_{out}}{f_s \cdot \Delta V_{out}}$$

Trong đó:

- $\Delta V_{out}$  là sự thay đổi điện áp đầu ra (ripple voltage), thường khoảng 1-5% điện áp đầu ra.

Giả sử:

- $\Delta V_{out} = 0.05 \cdot V_{out} = 0.05 \cdot 400V = 20V$
- $f_s = 100kHz = 100,000Hz$
- $I_{out} = 0.5A$

Áp dụng công thức:

$$C = \frac{0.5}{100,000 \cdot 20} = \frac{0.5}{2,000,000} = 250\mu F$$

Vậy giá trị tụ điện là **250  $\mu F$** .

### 3. Chọn linh kiện và thiết kế mạch:

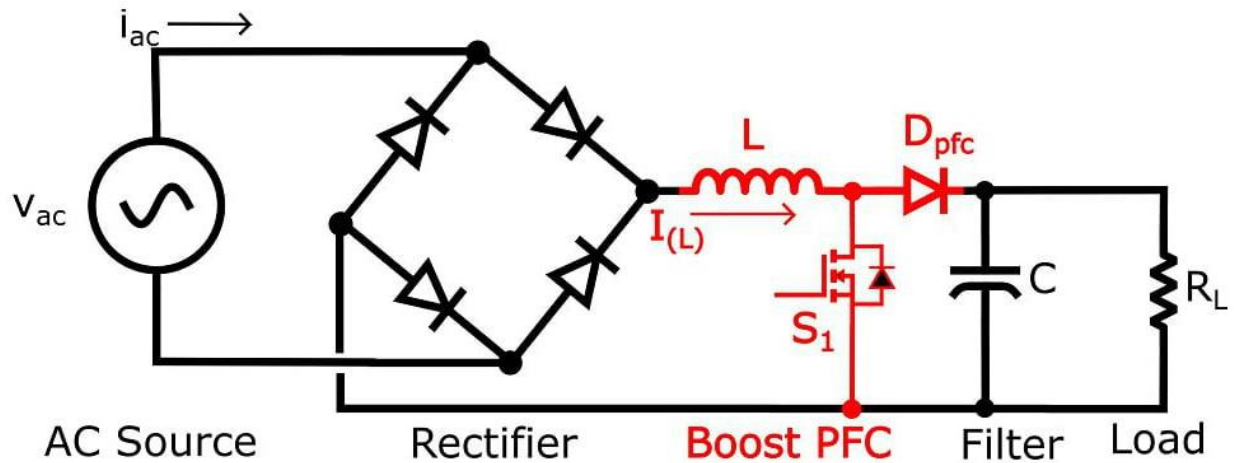
Dựa trên các giá trị đã tính toán, chúng ta cần chọn các linh kiện phù hợp cho mạch:

- **MOSFET:** Chọn MOSFET có khả năng chịu được điện áp đầu ra cao hơn (chọn MOSFET với điện áp tối thiểu 500V để đảm bảo an toàn) và có khả năng chịu dòng điện cao (chọn MOSFET với dòng điện tối thiểu 1A).
- **Diode:** Diode Schottky hoặc Fast Recovery Diode với điện áp tối thiểu 500V và dòng điện tối thiểu 1A.
- **Cuộn cảm (Inductor):** Chọn cuộn cảm với giá trị khoảng **9.13 mH** và có thể chịu được dòng điện tối đa 1A.
- **Tụ điện (Capacitor):** Chọn tụ điện **250  $\mu$ F** có khả năng chịu được điện áp tối thiểu 450V.

### 4. Sơ đồ mạch điện PFC Boost Converter:

Dưới đây là sơ đồ mạch cơ bản của PFC Boost Converter:





### Tóm tắt thiết kế:

1. Điện áp đầu vào: 230V AC, sau khi chỉnh lưu thành DC (khoảng 325V DC).
2. Điện áp đầu ra: 400V DC.
3. Tần số chuyển mạch: 100kHz.
4. Chu kỳ làm việc (Duty Cycle): 42.5%.
5. Cuộn cảm (L): 9.13 mH.
6. Tụ điện (C): 250  $\mu$ F.

Mạch PFC Boost Converter này giúp cải thiện hệ số công suất và ổn định điện áp đầu ra, phù hợp cho các ứng dụng cần nguồn DC ổn định từ nguồn AC có điện áp thay đổi.

Để thiết kế một **Buck-Boost Converter**, chúng ta sẽ tính toán các giá trị của các linh kiện quan trọng như cuộn cảm (inductor), tụ điện (capacitor), và các linh kiện chuyển mạch (MOSFET, diode), cũng như xây dựng sơ đồ mạch điện. Mạch Buck-Boost Converter có khả năng giảm hoặc tăng điện áp tùy thuộc vào giá trị điện áp đầu vào và đầu ra, với điện áp đầu ra có thể cao hơn hoặc thấp hơn điện áp đầu vào.

## 1. Thông số đầu vào và đầu ra:

Để thiết kế, chúng ta cần xác định các thông số đầu vào và đầu ra của hệ thống:

- Điện áp đầu vào ( $V_{in}$ ): Điện áp đầu vào một chiều (DC), ví dụ, 12V.
- Điện áp đầu ra ( $V_{out}$ ): Điện áp đầu ra một chiều (DC) cần đạt được, ví dụ, 24V.
- Dòng điện đầu ra ( $I_{out}$ ): Dòng điện cần cung cấp cho tải, ví dụ, 1A.
- Tần số chuyển mạch ( $f_s$ ): Tần số hoạt động của bộ chuyển mạch. Ví dụ, 100kHz.

## 2. Tính toán các giá trị của các thành phần trong mạch Buck-Boost Converter:

### a. Tính toán chu kỳ làm việc (Duty Cycle - D):

Trong Buck-Boost Converter, chu kỳ làm việc  $D$  có thể được tính bằng công thức:

$$D = \frac{V_{out}}{V_{in} + V_{out}}$$

Lưu ý: Công thức này áp dụng cho các mạch Buck-Boost Converter điều khiển bằng PWM.

Giả sử:

- $V_{in} = 12V$
- $V_{out} = 24V$

Áp dụng công thức:

$$D = \frac{24}{12 + 24} = \frac{24}{36} = 0.6667$$

Điều này có nghĩa là MOSFET sẽ mở khoảng 66.67% thời gian trong mỗi chu kỳ chuyển mạch.



**b. Tính toán giá trị cuộn cảm (Inductor - L):**

Cuộn cảm trong mạch Buck-Boost Converter có tác dụng lưu trữ năng lượng trong suốt chu kỳ chuyển mạch. Giá trị cuộn cảm có thể tính bằng công thức:

$$L = \frac{V_{in} \cdot (1 - D)}{f_s \cdot \Delta I_L}$$

Trong đó:

- $\Delta I_L$  là sự thay đổi của dòng điện qua cuộn cảm (thường lấy khoảng 20-30% của dòng điện đầu ra  $I_{out}$ ).
- $f_s$  là tần số chuyển mạch.

Giả sử:

- $I_{out} = 1A$
- $\Delta I_L = 0.3 \cdot I_{out} = 0.3 \cdot 1A = 0.3A$
- $f_s = 100kHz = 100,000Hz$

Áp dụng công thức:

$$L = \frac{12 \cdot (1 - 0.6667)}{100,000 \cdot 0.3} = \frac{12 \cdot 0.3333}{30,000} = 0.0001333H = 133.3\mu H$$

Vậy giá trị cuộn cảm là khoảng 133.3  $\mu H$ .

**c. Tính toán giá trị tụ điện (Capacitor - C):**

Tụ điện đầu ra giúp ổn định điện áp DC đầu ra và giảm sóng xung. Giá trị tụ điện có thể tính bằng công thức:

$$C = \frac{I_{out}}{f_s \cdot \Delta V_{out}}$$

Trong đó:

- $\Delta V_{out}$  là sự thay đổi điện áp đầu ra (ripple voltage), thường khoảng 1-5% điện áp đầu ra.

Giả sử:

- $\Delta V_{out} = 0.05 \cdot V_{out} = 0.05 \cdot 24V = 1.2V$
- $f_s = 100kHz = 100,000Hz$
- $I_{out} = 1A$

Áp dụng công thức:

$$C = \frac{1}{100,000 \cdot 1.2} = \frac{1}{120,000} = 8.33\mu F$$

Vậy giá trị tụ điện là **8.33  $\mu F$** .

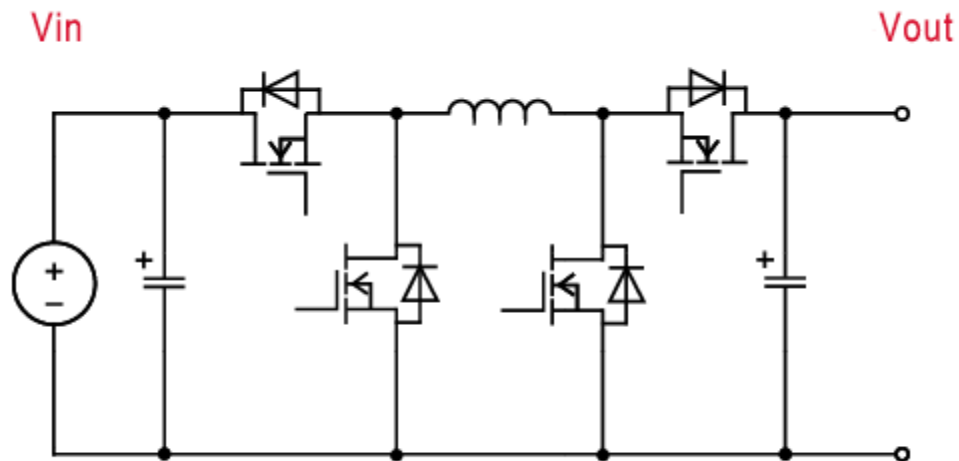
### 3. Chọn linh kiện và thiết kế mạch:

Dựa trên các giá trị đã tính toán, chúng ta cần chọn các linh kiện phù hợp cho mạch:

- **MOSFET:** Chọn MOSFET có khả năng chịu được điện áp đầu ra cao hơn (chọn MOSFET với điện áp tối thiểu 50V đến 60V) và có khả năng chịu dòng điện cao (chọn MOSFET với dòng điện tối thiểu 2A).
- **Diode:** Chọn diode Schottky hoặc Fast Recovery Diode với điện áp tối thiểu 50V và dòng điện tối thiểu 2A.
- **Cuộn cảm (Inductor):** Chọn cuộn cảm với giá trị khoảng **133.3  $\mu H$**  và có thể chịu được dòng điện tối đa 2A.
- **Tụ điện (Capacitor):** Chọn tụ điện **8.33  $\mu F$**  có khả năng chịu được điện áp tối thiểu 50V.

### 4. Sơ đồ mạch điện Buck-Boost Converter:

Dưới đây là sơ đồ mạch cơ bản của Buck-Boost Converter:



### 5. Giải thích sơ đồ mạch:

- **MOSFET:** MOSFET đóng vai trò là công tắc điều khiển trong mạch. Khi MOSFET mở, cuộn cảm sẽ lưu trữ năng lượng. Khi MOSFET đóng, năng lượng từ cuộn cảm sẽ được truyền qua diode và cấp cho tụ điện, tạo thành điện áp ổn định ở đầu ra.
- **Cuộn cảm (L):** Lưu trữ năng lượng khi MOSFET mở, giúp giảm sóng xung và điều chỉnh dòng điện trong mạch.
- **Diode (D1):** Diod giúp đảm bảo dòng điện chỉ di chuyển theo một hướng, đảm bảo tính chính xác trong quá trình chuyển mạch.
- **Tụ điện (C):** Giúp lọc và ổn định điện áp đầu ra, giảm sóng xung và duy trì điện áp mượt mà cho tải.

### Tóm tắt thiết kế:

1. Điện áp đầu vào: 12V.
2. Điện áp đầu ra: 24V.
3. Tần số chuyển mạch: 100kHz.
4. Chu kỳ làm việc (Duty Cycle): 66.67%.
5. Cuộn cảm (L): 133.3  $\mu$ H.
6. Tụ điện (C): 8.33  $\mu$ F.

Mạch Buck-Boost Converter này có thể chuyển đổi điện áp đầu vào thấp thành điện áp đầu ra cao (hoặc ngược lại) tùy thuộc vào yêu cầu ứng dụng, và có thể điều chỉnh các tham số để đạt được hiệu suất tối ưu trong các ứng dụng thực tế.

Trong bộ nghịch lưu (inverter), việc điều khiển tần số và biên độ của tín hiệu ra có thể được thực hiện thông qua phương pháp điều chế độ rộng xung (PWM - Pulse Width Modulation). Dưới đây là một số cách băm xung PWM phổ biến trong bộ nghịch lưu:

**1. PWM điều chế mang sóng sin (Sinusoidal PWM):**

- Phương pháp này sử dụng sóng mang hình sin để so sánh với tín hiệu sóng vuông, tạo ra các xung PWM. Tần số của sóng mang là tần số của tín hiệu đầu ra, còn độ rộng của xung PWM thay đổi tùy thuộc vào biên độ của sóng mang.
- Ưu điểm: Giảm thiểu sự biến dạng hài, mang lại tín hiệu đầu ra có dạng sóng gần với hình sin.
- Thường dùng trong các bộ nghịch lưu cung cấp năng lượng AC.

**2. PWM điều chế sóng mang hình tam giác (Triangle Carrier PWM):**

- Trong phương pháp này, sóng mang hình tam giác có tần số cao sẽ được so sánh với tín hiệu điều khiển, tạo ra các xung PWM. Biên độ của xung PWM thay đổi theo tần số và biên độ tín hiệu điều khiển.
- Ưu điểm: Dễ dàng triển khai và kiểm soát.
- Thường dùng trong các ứng dụng yêu cầu điều khiển chính xác và linh hoạt về độ rộng xung.

**3. PWM điều chế kiểu lập phương (Space Vector PWM - SVPWM):**

- SVPWM là một phương pháp điều chế PWM dựa trên không gian vector. Phương pháp này sử dụng các vectơ không gian để tối ưu hóa việc phân phối công suất và giảm thiểu hài.
- Ưu điểm: Tạo ra sóng ra gần nhất với hình sin, hiệu quả năng lượng cao hơn và giảm thiểu thiệt hại nhiệt do hài.
- Thường dùng trong các bộ nghịch lưu 3 pha.

**4. PWM điều chế theo biên độ (Amplitude PWM):**

- Phương pháp này điều chỉnh biên độ của xung PWM để điều khiển mức công suất ra của bộ nghịch lưu. Điều này có thể giúp giảm thiểu độ nhiễu và hài trong hệ thống.
- Thường sử dụng trong các ứng dụng cần kiểm soát chính xác công suất hoặc điện áp ra.

**5. PWM điều chế theo tần số (Frequency Modulation PWM):**

- Trong phương pháp này, tần số của sóng mang sẽ được điều chỉnh thay vì biên độ. Điều này có thể giúp kiểm soát sự phân bố của tần số hài trong tín hiệu đầu ra.
- Thường dùng trong các ứng dụng yêu cầu thay đổi tần số đầu ra linh hoạt.

Tùy thuộc vào yêu cầu về hiệu suất, giảm thiểu hài và chi phí, các phương pháp này có thể được lựa chọn cho bộ nghịch lưu để tối ưu hóa hiệu quả hoạt động.

Để tính toán và thiết kế một bộ điều chế PWM sử dụng mang sóng sin (Sinusoidal PWM - SPWM), chúng ta sẽ cần phải thực hiện các bước cơ bản để xác định các tham số cần thiết như tần số mang sóng, tần số điều chế, và cách tính toán độ rộng xung (duty cycle) cho mỗi xung PWM.

## 1. Các tham số cơ bản

- **Tần số điều chế ( $f_m$ ):** Tần số của tín hiệu mang sóng sin (tần số đầu ra của bộ nghịch lưu, thường là tần số của sóng AC).
- **Tần số mang sóng ( $f_c$ ):** Tần số của sóng mang (sóng tam giác hoặc sóng vuông, thường là tần số cao hơn tần số điều chế).
- **Tỷ lệ điều chế độ rộng xung (Modulation Index -  $M$ ):** Tỷ lệ giữa biên độ tín hiệu điều chế (sóng sin) và biên độ của sóng mang.

$$M = \frac{A_m}{A_c}$$

Trong đó:

- $A_m$  là biên độ của sóng mang (sóng sin).
- $A_c$  là biên độ của sóng mang (sóng tam giác).

## 2. Quá trình thiết kế

Để thiết kế hệ thống SPWM, chúng ta sẽ cần thực hiện các bước sau:

### a. Xác định tần số mang sóng và tần số điều chế

- **Tần số điều chế  $f_m$ :** Là tần số của tín hiệu đầu ra AC mà bạn muốn đạt được (ví dụ, tần số lưới điện là 50 Hz hoặc 60 Hz).
- **Tần số mang sóng  $f_c$ :** Tần số của sóng mang (thường cao hơn rất nhiều so với tần số điều chế, ví dụ 10 kHz, 20 kHz hoặc 50 kHz). Tần số mang sóng phải cao hơn tần số điều chế để tạo ra các xung PWM mịn mà mắt người không thể nhận thấy.

### b. Tính tỷ lệ điều chế độ rộng xung (M)

Tỷ lệ điều chế độ rộng xung  $M$  phải được tính sao cho biên độ của sóng mang không vượt quá biên độ của sóng mang. Điều này có nghĩa là  $M$  phải nằm trong khoảng từ 0 đến 1.

$$M = \frac{A_m}{A_c}$$

Trong đó,  $A_m$  là biên độ của sóng mang sin, và  $A_c$  là biên độ của sóng mang tam giác.

### c. Tính toán độ rộng xung (duty cycle)

- Mỗi xung PWM được tạo ra bằng cách so sánh giá trị tức thời của sóng mang sin với sóng mang tam giác. Nếu giá trị của sóng mang sin tại một thời điểm nào đó lớn hơn giá trị tức thời của sóng mang tam giác, xung PWM sẽ được bật (High), ngược lại, xung PWM sẽ tắt (Low).
- Độ rộng xung (duty cycle) có thể được tính bằng công thức:

$$D(t) = \frac{A_m \cdot \sin(2\pi f_m t)}{A_c}$$

Trong đó:

- $D(t)$  là độ rộng xung tại thời điểm  $t$ .
- $A_m$  là biên độ của sóng mang sin.
- $A_c$  là biên độ của sóng mang tam giác.
- $f_m$  là tần số của sóng mang sin.

### d. Điều chế sóng mang sin

- Sóng mang sin có thể được biểu diễn bằng hàm số:

$$V_{sin}(t) = A_m \cdot \sin(2\pi f_m t)$$

Và sóng mang tam giác có thể biểu diễn bằng:

$$V_{tri}(t) = A_c \cdot \left( \text{Sóng tam giác với tần số } f_c \right)$$

- Mỗi lần so sánh giá trị tức thời của sóng mang sin với sóng tam giác sẽ cho ra xung PWM.

### 3. Ví dụ tính toán

Giả sử bạn cần thiết kế một bộ nghịch lưu với tần số đầu ra 50 Hz (tần số điều chế  $f_m$ ) và sử dụng tần số mang sóng là 10 kHz (tần số mang  $f_c$ ).

1. Tần số điều chế  $f_m = 50$  Hz
2. Tần số mang sóng  $f_c = 10$  kHz
3. Tỷ lệ điều chế độ rộng xung (M): Giả sử bạn chọn tỷ lệ  $M = 0.8$ , tức là biên độ của sóng mang sin là 80% biên độ của sóng mang tam giác.
4. Độ rộng xung: Áp dụng công thức  $D(t) = \frac{A_m \cdot \sin(2\pi f_m t)}{A_c}$ .

Kết quả là, bạn sẽ có các xung PWM với tần số mang là 10 kHz và tần số điều chế là 50 Hz. Các xung này sẽ thay đổi độ rộng theo sự thay đổi của sóng mang sin, giúp điều khiển bộ nghịch lưu để tạo ra tín hiệu AC với biên độ và tần số mong muốn.

### 4. Ứng dụng trong bộ nghịch lưu

- Điều chế sóng mang sin giúp giảm thiểu độ nhiễu hài (harmonics) trong tín hiệu đầu ra của bộ nghịch lưu.
- Để đạt được hiệu suất cao, bộ nghịch lưu thường sử dụng phương pháp SPWM để điều chỉnh tần số và biên độ của tín hiệu đầu ra AC.

Hy vọng thông tin trên giúp bạn hiểu rõ hơn về cách tính toán và thiết kế hệ thống PWM điều chế mang sóng sin trong bộ nghịch lưu!



Để tính toán và thiết kế một bộ điều chế PWM sử dụng mang sóng hình tam giác (Triangle Carrier PWM), chúng ta cần tuân theo các nguyên lý cơ bản của phương pháp điều chế độ rộng xung (PWM) này. Trong đó, chúng ta so sánh tín hiệu điều chế (thường là một sóng sin) với sóng mang hình tam giác, từ đó xác định độ rộng xung PWM.

Dưới đây là các bước tính toán và thiết kế cơ bản cho hệ thống PWM điều chế sóng mang hình tam giác.

## 1. Các tham số cơ bản

- **Tần số điều chế ( $f_m$ ):** Đây là tần số của tín hiệu điều chế (thường là sóng sin, là tín hiệu đầu ra AC mong muốn, ví dụ tần số AC là 50 Hz hoặc 60 Hz).
- **Tần số mang sóng ( $f_c$ ):** Đây là tần số của sóng mang hình tam giác. Tần số này thường cao hơn nhiều so với tần số điều chế (ví dụ, 10 kHz, 20 kHz, hoặc 50 kHz).
- **Biên độ sóng mang ( $A_c$ ):** Biên độ của sóng mang hình tam giác.
- **Biên độ sóng điều chế ( $A_m$ ):** Biên độ của sóng điều chế (sóng sin).
- **Tỷ lệ điều chế độ rộng xung (Modulation Index -  $M$ ):** Tỷ lệ này là tỷ lệ giữa biên độ của sóng điều chế (sóng sin) và biên độ của sóng mang hình tam giác.

$$M = \frac{A_m}{A_c}$$

## 2. Quá trình thiết kế

### a. Xác định tần số mang sóng và tần số điều chế

- Tần số điều chế  $f_m$ : Tần số tín hiệu đầu ra AC, ví dụ 50 Hz (hoặc 60 Hz).
- Tần số mang sóng  $f_c$ : Tần số sóng mang hình tam giác, ví dụ 10 kHz hoặc 20 kHz. Tần số mang thường cao hơn tần số điều chế nhiều lần, từ 100 đến 1000 lần.

### b. Tính tỷ lệ điều chế độ rộng xung (M)

Tỷ lệ điều chế độ rộng xung  $M$  được xác định như sau:

$$M = \frac{A_m}{A_c}$$

Trong đó:

- $A_m$  là biên độ của sóng điều chế (sóng sin).
- $A_c$  là biên độ của sóng mang hình tam giác.

Khi thiết kế, ta đảm bảo  $M$  nằm trong khoảng từ 0 đến 1, tức là sóng điều chế có biên độ không vượt quá biên độ của sóng mang.



### c. Tính toán độ rộng xung (Duty Cycle)

Độ rộng xung (duty cycle) tại thời điểm  $t$  là một hàm của biên độ sóng điều chế và sóng mang tam giác:

- Sóng điều chế (sinusoidal):

$$V_{sin}(t) = A_m \cdot \sin(2\pi f_m t)$$

Trong đó,  $A_m$  là biên độ của sóng sin và  $f_m$  là tần số của sóng sin.

- Sóng mang (tam giác):

$$V_{tri}(t) = A_c \cdot (\text{Sóng tam giác với tần số } f_c)$$

Sóng mang tam giác có tần số  $f_c$  và biên độ  $A_c$ .

Để tạo ra tín hiệu PWM, tại mỗi thời điểm  $t$ , ta so sánh giá trị của sóng điều chế  $V_{sin}(t)$  với sóng mang  $V_{tri}(t)$ . Nếu  $V_{sin}(t)$  lớn hơn  $V_{tri}(t)$ , xung PWM được bật (High), ngược lại xung PWM tắt (Low).

Do đó, độ rộng xung (duty cycle) tại mỗi thời điểm  $t$  là:

$$D(t) = \frac{V_{sin}(t)}{V_{tri}(t)} = \frac{A_m \cdot \sin(2\pi f_m t)}{A_c}$$

Khi sóng điều chế (sóng sin) có biên độ lớn hơn sóng mang tam giác, xung PWM sẽ dài (tín hiệu ở mức cao), và khi sóng điều chế có biên độ nhỏ hơn sóng mang tam giác, xung PWM sẽ ngắn (tín hiệu ở mức thấp).

#### d. Điều chỉnh biên độ sóng mang và sóng điều chế

- **Sóng điều chế:** Biên độ của sóng điều chế  $A_m$  thay đổi theo yêu cầu điều khiển của bộ nghịch lưu (ví dụ, để thay đổi biên độ tín hiệu đầu ra).
- **Sóng mang:** Biên độ của sóng mang  $A_c$  cần được chọn sao cho sóng điều chế không vượt quá biên độ sóng mang, đảm bảo  $A_m \leq A_c$ .

#### e. Tạo tín hiệu PWM

Tín hiệu PWM sẽ được tạo ra bằng cách so sánh sóng điều chế (sóng sin) với sóng mang (sóng tam giác). Khi sóng điều chế vượt qua sóng mang, tín hiệu PWM sẽ bật; khi sóng điều chế thấp hơn sóng mang, tín hiệu PWM sẽ tắt. Điều này tạo ra các xung PWM với độ rộng thay đổi theo thời gian.

### 3. Ví dụ tính toán

Giả sử bạn cần thiết kế một bộ nghịch lưu với các thông số sau:

- Tần số điều chế  $f_m = 50 \text{ Hz}$  (tần số sóng sin đầu ra).
- Tần số mang sóng  $f_c = 10 \text{ kHz}$  (tần số sóng tam giác).
- Biên độ sóng mang  $A_c = 5 \text{ V}$ .
- Biên độ sóng điều chế  $A_m = 4 \text{ V}$ .

1. Tỷ lệ điều chế độ rộng xung:

$$M = \frac{A_m}{A_c} = \frac{4}{5} = 0.8$$

Tỷ lệ này có nghĩa là biên độ sóng điều chế chiếm 80% biên độ sóng mang.

2. Tần số điều chế ( $f_m$ ) và tần số mang ( $f_c$ ):

- $f_m = 50 \text{ Hz}$
- $f_c = 10 \text{ kHz}$

3. Tính độ rộng xung tại các thời điểm  $t$ :

$$D(t) = \frac{A_m \cdot \sin(2\pi f_m t)}{A_c} = \frac{4 \cdot \sin(2\pi 50t)}{5}$$

Độ rộng xung thay đổi theo thời gian  $t$  và sẽ được sử dụng để điều khiển bộ nghịch lưu.

#### 4. Ứng dụng trong bộ nghịch lưu

- Trong bộ nghịch lưu, tín hiệu PWM này sẽ được sử dụng để điều khiển công tắc (ví dụ: IGBT hoặc MOSFET) nhằm điều chỉnh điện áp đầu ra AC.
- Việc điều chế PWM giúp giảm thiểu hài trong tín hiệu đầu ra của bộ nghịch lưu, đồng thời cho phép điều khiển tần số và biên độ của sóng AC đầu ra.

#### Kết luận

Tóm lại, thiết kế PWM điều chế sóng mang hình tam giác bao gồm việc xác định tần số mang, tần số điều chế, và tỷ lệ điều chế độ rộng xung ( $M$ ). Quá trình này liên quan đến việc so sánh sóng điều chế (sóng sin) với sóng mang hình tam giác để tạo ra tín hiệu PWM, từ đó điều khiển bộ nghịch lưu tạo ra tín hiệu đầu ra AC.

**Space Vector PWM (SVPWM)** là một phương pháp điều chế PWM hiệu quả cho các bộ nghịch lưu ba pha, đặc biệt là trong các ứng dụng yêu cầu hiệu suất cao và khả năng điều khiển chính xác tín hiệu đầu ra AC. Phương pháp này giúp tối ưu hóa việc phân phối công suất và giảm thiểu hài (harmonics), từ đó tạo ra sóng đầu ra có chất lượng tốt hơn so với các phương pháp PWM truyền thống như **Sinusoidal PWM** hay **Triangle Carrier PWM**.

## 1. Các nguyên lý cơ bản của Space Vector PWM (SVPWM)

SVPWM sử dụng một không gian vector ba chiều để mô phỏng và điều khiển tín hiệu AC. Mỗi vector tương ứng với một trạng thái của bộ nghịch lưu ba pha. Các bước tính toán trong SVPWM bao gồm việc xác định các vector không gian và phân chia chúng thành các khu vực trong không gian ba chiều.

## 2. Các thành phần cơ bản của hệ thống SVPWM

- **Các vector không gian (Space Vectors):** Các vector này biểu thị các trạng thái của bộ nghịch lưu ba pha. Có tổng cộng 6 vector chính, mỗi vector tương ứng với một trạng thái của ba pha trong bộ nghịch lưu.
- **Các trạng thái của bộ nghịch lưu:** Trong bộ nghịch lưu ba pha, mỗi pha có thể có hai trạng thái: ON (đóng) hoặc OFF (mở). Do đó, có 8 trạng thái khả dĩ cho bộ nghịch lưu ba pha, nhưng trong số đó, chỉ có 6 trạng thái tạo ra các vector không gian có thể sử dụng.

## 3. Các bước tính toán SVPWM

### a. Phân loại các vector không gian

Các vector không gian chính của bộ nghịch lưu ba pha có thể được biểu diễn trong hệ tọa độ phức. Các vector này được phân chia thành hai nhóm chính:

1. **Các vector chính (Active Vectors):** Bao gồm 6 vector chính (tạo ra các điện áp đầu ra điều khiển).
2. **Các vector không hoạt động (Zero Vectors):** Bao gồm 2 vector không hoạt động (tạo ra các mức điện áp bằng 0).

Các vector chính được ký hiệu là  $V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_6$ , và các vector không hoạt động là  $V_0$  và  $V_7$ .

### **b. Chia không gian thành các khu vực**

- Không gian của bộ nghịch lưu ba pha được chia thành 6 khu vực, mỗi khu vực tương ứng với một góc 60 độ. Các khu vực này được phân chia bởi các vector chính.
- Các khu vực này có thể được sử dụng để mô phỏng việc điều khiển điện áp và tần số của bộ nghịch lưu.

### **c. Chuyển đổi các điện áp tham chiếu (Reference Voltage)**

Bước tiếp theo là tính toán điện áp tham chiếu mà bạn muốn điều khiển. Trong SVPWM, điện áp tham chiếu là một vectơ  $V_{ref}$  mà bạn muốn tạo ra từ các vector không gian.

- Điện áp tham chiếu được xác định từ các yêu cầu về biên độ và tần số của tín hiệu AC đầu ra.
- Điện áp tham chiếu sẽ được tính toán và biểu diễn dưới dạng một vector trong không gian phức.

#### d. Xác định tỷ lệ thời gian cho các vector

Một khi xác định được vector tham chiếu  $V_{ref}$ , chúng ta cần xác định tỷ lệ thời gian mà các vector chính và các vector không hoạt động cần hoạt động để tạo ra điện áp tham chiếu.

- Tỷ lệ thời gian  $T_1, T_2$  tương ứng với các vector chính sẽ được tính toán sao cho:

$$V_{ref} = T_1 \cdot V_1 + T_2 \cdot V_2 + \text{Zero Vectors}$$

Trong đó, các thời gian này sẽ được chia đều trong một chu kỳ.

#### e. Điều chỉnh tần số và biên độ

SVPWM cho phép điều khiển cả tần số và biên độ của tín hiệu đầu ra thông qua việc thay đổi tỷ lệ thời gian của các vector chính. Việc thay đổi biên độ này sẽ giúp thay đổi điện áp đầu ra của bộ nghịch lưu.

### 4. Ví dụ tính toán SVPWM

Giả sử bạn muốn thiết kế bộ nghịch lưu ba pha với các thông số sau:

- Điện áp tham chiếu  $V_{ref}$  có biên độ là 300V.
- Tần số điều chế  $f_m = 50$  Hz (tần số sóng đầu ra AC).
- Tần số mang sóng  $f_c = 10$  kHz.

#### a. Điện áp tham chiếu

Điện áp tham chiếu  $V_{ref}$  có thể được tính toán từ biên độ của sóng sin. Đối với bộ nghịch lưu ba pha, tín hiệu tham chiếu sẽ là một sóng sin ba pha.

Giả sử biên độ điện áp của sóng điều chế là  $V_m$ , và bạn muốn tạo ra điện áp tham chiếu  $V_{ref} = 300$  V. Điều này có thể được thực hiện bằng cách điều chỉnh các tham số tần số và biên độ của sóng sin.

### b. Chia không gian thành các khu vực

Không gian của bộ nghịch lưu ba pha được chia thành 6 khu vực. Mỗi khu vực tương ứng với một góc 60 độ trong không gian phức.

### c. Tính toán tỷ lệ thời gian cho các vector

Một khi bạn xác định được điện áp tham chiếu  $V_{ref}$ , bước tiếp theo là tính toán tỷ lệ thời gian  $T_1$ ,  $T_2$  cho các vector chính để mô phỏng điện áp tham chiếu này.

Giả sử điện áp tham chiếu  $V_{ref}$  nằm trong khu vực 1, bạn sẽ tính tỷ lệ thời gian của các vector chính và không hoạt động dựa trên phương trình như sau:

$$V_{ref} = T_1 \cdot V_1 + T_2 \cdot V_2$$

Kết quả này sẽ cung cấp tỷ lệ thời gian cho các vector chính để tạo ra điện áp tham chiếu.

### d. Điều khiển tần số và biên độ

Bằng cách điều chỉnh các tỷ lệ thời gian này, bạn có thể điều khiển tần số và biên độ của tín hiệu đầu ra.

## 5. Lợi ích của SVPWM

- **Giảm thiểu hài:** SVPWM giúp giảm thiểu các thành phần hài trong tín hiệu đầu ra của bộ nghịch lưu.
- **Tăng hiệu suất:** Vì việc điều khiển bộ nghịch lưu được tối ưu hóa, SVPWM giúp tăng hiệu suất chuyển đổi năng lượng và giảm thiểu tổn thất nhiệt.
- **Điều khiển linh hoạt:** SVPWM cho phép điều khiển tần số và biên độ của điện áp đầu ra chính xác và dễ dàng.

## 6. Ứng dụng của SVPWM

SVPWM được sử dụng rộng rãi trong các bộ nghịch lưu ba pha, chẳng hạn như:

- Biến tần (Inverters)
- Hệ thống năng lượng tái tạo (solar inverters, wind inverters)
- Điều khiển động cơ AC (VFD - Variable Frequency Drives)



## Kết luận

**SVPWM** là một phương pháp điều chế PWM hiệu quả và tối ưu cho bộ nghịch lưu ba pha, giúp tạo ra sóng đầu ra AC chất lượng cao, giảm thiểu hài và tối ưu hóa hiệu suất. Việc tính toán và thiết kế SVPWM liên quan đến việc xác định điện áp tham chiếu, phân chia không gian thành các khu vực, tính toán tỷ lệ thời gian cho các vector chính và không hoạt động, từ đó điều khiển bộ nghịch lưu để tạo ra tín hiệu đầu ra AC với biên độ và tần số mong muốn.

**PWM điều chế theo tần số (Frequency Modulation PWM)** là một phương pháp trong đó độ rộng xung PWM được giữ cố định, trong khi tần số mang sóng thay đổi theo tín hiệu điều chế. Phương pháp này được sử dụng trong các ứng dụng mà cần điều khiển tần số của tín hiệu đầu ra trong khi giữ cho biên độ của các xung PWM không thay đổi.

Trong **Frequency Modulation PWM (FM PWM)**, tín hiệu điều chế xác định tần số mang. Điều này có nghĩa là tần số mang thay đổi theo tín hiệu điều chế, và độ rộng của các xung PWM sẽ luôn cố định.

## 1. Các tham số cơ bản của Frequency Modulation PWM

- **Tần số mang ( $f_c$ ):** Đây là tần số của sóng mang PWM. Trong FM PWM, tần số mang sẽ thay đổi theo tín hiệu điều chế.
- **Tần số điều chế ( $f_m$ ):** Đây là tần số của tín hiệu điều chế, có thể là tín hiệu sin, hình vuông hoặc bất kỳ dạng sóng nào có thể điều khiển tần số mang.
- **Biên độ sóng mang ( $A_c$ ):** Biên độ của sóng mang.
- **Biên độ tín hiệu điều chế ( $A_m$ ):** Biên độ của sóng điều chế.
- **Độ rộng xung cố định:** Trong FM PWM, độ rộng xung không thay đổi mà chỉ tần số của sóng mang thay đổi theo tín hiệu điều chế.

## 2. Quá trình tính toán và thiết kế Frequency Modulation PWM

### a. Xác định các tham số

1. **Tần số điều chế  $f_m$ :** Đây là tần số của tín hiệu điều chế. Tín hiệu điều chế có thể là một sóng sin hoặc bất kỳ tín hiệu nào có thể điều khiển tần số mang.
2. **Tần số mang  $f_c$ :** Đây là tần số của sóng mang PWM. Trong FM PWM, tần số mang này sẽ thay đổi theo tín hiệu điều chế.
3. **Biên độ tín hiệu điều chế  $A_m$ :** Biên độ của tín hiệu điều chế (thường là sóng sin).
4. **Biên độ sóng mang  $A_c$ :** Biên độ của sóng mang.

### **b. Tính toán mối quan hệ giữa tần số mang và tín hiệu điều chế**

Trong FM PWM, tần số mang thay đổi theo tín hiệu điều chế. Điều này có nghĩa là tần số mang  $f_c(t)$  tại một thời điểm cụ thể sẽ phụ thuộc vào giá trị của tín hiệu điều chế  $m(t)$ . Tín hiệu điều chế có thể được biểu diễn dưới dạng hàm sin hoặc một tín hiệu khác như sau:

$$f_c(t) = f_{c0} + m(t)$$

Trong đó:

- $f_{c0}$  là tần số mang cơ bản.
- $m(t)$  là tín hiệu điều chế, có thể thay đổi theo thời gian và ảnh hưởng đến tần số mang  $f_c$ .

### **c. Tạo tín hiệu PWM**

Để tạo tín hiệu PWM trong phương pháp điều chế theo tần số, độ rộng xung sẽ cố định, nhưng tần số mang sẽ thay đổi theo tín hiệu điều chế. Khi tần số mang tăng, khoảng cách giữa các xung sẽ nhỏ lại và khi tần số mang giảm, khoảng cách giữa các xung sẽ dài ra. Tuy nhiên, độ rộng của các xung PWM sẽ không thay đổi mà luôn cố định.

Tín hiệu PWM có thể được tạo ra bằng cách so sánh tín hiệu điều chế với sóng mang, trong đó sóng mang có tần số thay đổi theo tín hiệu điều chế.

### 3. Ví dụ tính toán và thiết kế Frequency Modulation PWM

Giả sử bạn muốn thiết kế một bộ nghịch lưu với các thông số sau:

- Tần số điều chế  $f_m = 50 \text{ Hz}$  (tần số sóng sin đầu ra).
- Tần số mang ban đầu  $f_{c0} = 10 \text{ kHz}$  (tần số mang ban đầu).
- Biên độ tín hiệu điều chế  $A_m = 2 \text{ V}$ .
- Biên độ sóng mang  $A_c = 5 \text{ V}$ .


#### Bước 1: Tính tần số mang thay đổi

Tín hiệu điều chế sẽ thay đổi tần số mang. Giả sử tín hiệu điều chế là sóng sin, ta có thể tính tần số mang thay đổi như sau:

$$f_c(t) = f_{c0} + A_m \cdot \sin(2\pi f_m t)$$

Thay các giá trị vào:

$$f_c(t) = 10 \text{ kHz} + 2 \cdot \sin(2\pi 50 t) \text{ Hz}$$

Tần số mang sẽ thay đổi quanh giá trị 10 kHz  theo sự biến động của tín hiệu điều chế sin.

#### Bước 2: Tạo tín hiệu PWM

Tín hiệu PWM sẽ có độ rộng xung cố định, nhưng tần số của sóng mang sẽ thay đổi theo tín hiệu điều chế. Tại mỗi thời điểm  $t$ , xung PWM sẽ bật khi tín hiệu điều chế lớn hơn sóng mang và tắt khi tín hiệu điều chế nhỏ hơn sóng mang. Do tần số mang thay đổi theo tín hiệu điều chế, khoảng cách giữa các xung sẽ thay đổi nhưng độ rộng xung vẫn không thay đổi.

#### Bước 3: Điều khiển bộ nghịch lưu

Tín hiệu PWM được tạo ra sẽ được dùng để điều khiển các công tắc (như MOSFET hoặc IGBT) trong bộ nghịch lưu. Do tần số mang thay đổi theo tín hiệu điều chế, điều này sẽ ảnh hưởng đến điện áp đầu ra của bộ nghịch lưu, với việc thay đổi tần số xung PWM.

#### 4. Ứng dụng trong bộ nghịch lưu

- **Điều khiển tần số đầu ra:** FM PWM cho phép điều khiển tần số đầu ra của bộ nghịch lưu, trong khi biên độ của tín hiệu đầu ra vẫn cố định.
- **Điều khiển tần số trong ứng dụng thông tin:** FM PWM có thể được ứng dụng trong các hệ thống truyền thông, nơi tần số mang thay đổi theo tín hiệu điều chế để truyền tải thông tin.

#### 5. Lợi ích của Frequency Modulation PWM

- **Điều khiển tần số:** FM PWM cho phép điều khiển tần số đầu ra của bộ nghịch lưu trong khi biên độ xung giữ cố định.
- **Giảm hài:** FM PWM có thể giảm thiểu các thành phần hài trong tín hiệu đầu ra của bộ nghịch lưu, vì tần số mang thay đổi liên tục.
- **Hiệu suất cao:** Khi tần số mang thay đổi theo tín hiệu điều chế, FM PWM có thể giúp tối ưu hóa hiệu suất và giảm tổn thất năng lượng trong các ứng dụng điều khiển động cơ hoặc bộ biến tần.

#### Kết luận

Frequency Modulation PWM là một phương pháp điều chế PWM trong đó độ rộng xung được giữ cố định, trong khi tần số mang thay đổi theo tín hiệu điều chế. Phương pháp này giúp điều khiển tần số đầu ra của bộ nghịch lưu mà không thay đổi biên độ xung. Các bước thiết kế bao gồm xác định các tham số tần số điều chế, tần số mang, và biên độ tín hiệu điều chế, từ đó tạo ra tín hiệu PWM điều khiển bộ nghịch lưu để đạt được tín hiệu đầu ra mong muốn.