

NGHIÊN CỨU KỸ THUẬT ĐIỀU CHẾ CPS-SPWM TRONG CHỈNH LƯU BA PHA CÔNG SUẤT LỚN

Vũ Minh Quang

Đại học Thủy lợi Hà Nội

Zhao Jian, Wang Dazhi

Đại học Đông Bắc Trung Quốc

Tóm tắt: Hiện nay việc nghiên cứu thiết bị chỉnh lưu điều chế độ rộng xung PWM đang được phát triển rộng rãi, các thiết bị chỉnh lưu nguồn điện áp PWM đang thay thế cho bộ chỉnh lưu dùng Di-ốt không có khả năng điều khiển. Đề tài tập trung nghiên cứu nguyên lý cơ bản của phương pháp điều chế CPS-SPWM, đề xuất bộ chỉnh lưu ba pha PWM nguồn điện áp hai vòng hồi tiếp dùng kỹ thuật điều khiển CPS-SPWM. Qua đó thấy được khả năng áp dụng của kỹ thuật CPS-SPWM trong điều chế công suất lớn, giảm nhiễu cho mạng điện cải thiện chất lượng sóng đầu ra, hiệu quả tần số đóng cắt cao, thực hiện được tối ưu hóa hệ thống.

Từ khóa : CPS-SPWM; chỉnh lưu PWM; công suất lớn; thiết bị chỉnh lưu.

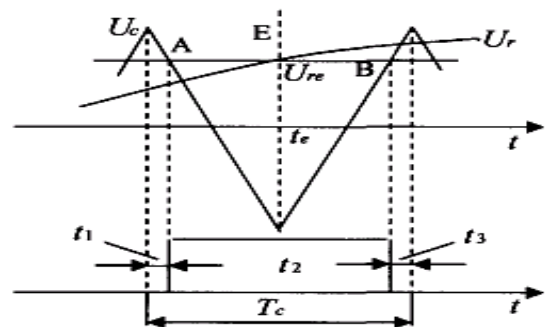
I. LỜI DẪN

Các bộ biến đổi điện đang được ứng dụng trong thực tế gồm thiết bị chỉnh lưu và hai dạng thiết bị biến đổi AC-AC và biến đổi AC-DC-AC. Các thiết bị biến tần kinh điển chưa thực hiện được biến đổi công suất hai chiều tuy rằng có quan tâm đến hiệu quả đặc tính đầu ra nhưng chất lượng dòng điện không cao thành phần sóng hài lớn. Các thiết bị biến tần xuất hiện về sau này đã thực hiện được biến đổi công suất hai chiều tuy nhiên hệ số công suất còn hạn chế, tồn tại sự ảnh hưởng nhiều đến mạng điện. Trong đề tài này đã đề cập phương pháp chỉnh lưu SPWM dùng kỹ thuật CPS –SPWM khắc phục được các khuyết điểm nêu trên của bộ chỉnh lưu, đảm bảo hệ số công suất cao, dòng điện dạng sin, thu được điện áp một chiều ổn định. Trong thiết kế với các linh kiện phụ trợ thu được dòng điện đầu vào dạng gần hình sin, như thế dòng điện đầu vào hàm chứa chủ yếu sóng hài bậc cao, cần loại bỏ đảm bảo giảm nhiễu đến mạng điện và nâng cao hệ số công suất, nâng cao hiệu quả tần số đóng cắt.

II. NGUYÊN LÝ CƠ BẢN ĐIỀU CHẾ ĐỘ RỘNG XUNG MẠCH BA PHA HÌNH SIN DÙNG KỸ THUẬT CPS-PWM

Dựa theo nguyên lý cơ bản điều chế SPWM, tại thời điểm giao điểm tự nhiên của sóng hình sin và sóng hình tam giác đầu vào tiến hành điều khiển đóng mở các van công suất tạo nên phương pháp điều chế tự nhiên SPWM. Đây là phương pháp điều chế cơ bản nhất. Tuy nhiên trong thực tế thường áp dụng quy tắc lấy mẫu sóng đối xứng, ý tưởng cơ bản là lúc sóng hình tam giác cực đại ở mỗi chu kỳ tiến hành đối chiếu với giá trị điện áp của sóng điều khiển hình chính sin. Sau đó quyết định đóng hay mở các van công suất.

Nguyên lý lấy mẫu sóng đối xứng SPWM như hình 1. Trong đó U_c là sóng mang hình tam giác; U_r là sóng điều khiển T_c là chu kỳ sóng tam giác; U_{re} là giá trị điện áp hình sin ở thời điểm lấy mẫu t_e .



Hình 1. Quy tắc lấy mẫu sóng SPWM

Đường U_{re} và sóng mang hình tam giác cắt nhau tại A và B , làm cho T_c tách thành 3 đoạn t_1, t_2, t_3 . Giả thiết biên độ sóng mang hình tam giác là U_{cm} là không đổi. Sóng điện áp điều khiển hình sin là $U_r = U_{rm} \cdot \sin(\omega_1 t)$. Tỉ số biên độ sóng điều khiển hình sin và biên độ sóng mang hình tam giác $M = U_{rm}/U_{cm}$ là độ điều khiển. Theo lý thuyết M trong khoảng từ 0~1. Trong thực tế giá trị nhỏ nhất bị giới hạn thường M trong khoảng 0.95~0.98. Dựa theo tính đối xứng của sóng hình tam giác thời gian t_1 và t_3 sẽ như nhau.

Từ hình 1 ta có :

$$\frac{\frac{t_2 - T_c}{4}}{\frac{T_c}{4}} = \frac{U_{re}}{U_{rm}} = M \sin(\omega_1 t_e) \quad (2.1)$$

Do (2.1) nên suy ra độ rộng xung

$$t_2 = \frac{T_c}{2} (1 + M \sin(\omega_1 t_e)) \quad (2.2)$$

Thời gian ngắt quãng

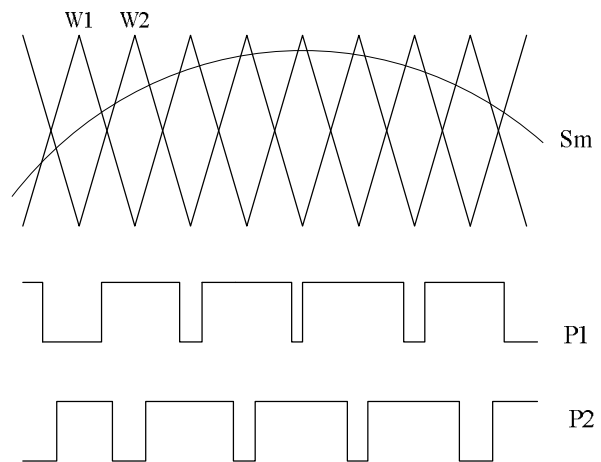
$$t_1 = t_3 = \frac{1}{2} (T_c - t_2) \quad (2.3)$$

Biểu thức (2.2) và (2.3) là công thức cơ bản để tính toán độ rộng xung điều chế SPWM, chỉnh lưu ba pha đối xứng các pha lệch nhau góc $2\pi/3$ vì vậy tính toán độ rộng xung cho 2 pha còn lại chỉ cần dịch pha $2\pi/3$.

Nguyên lý cơ bản của phương pháp điều chế CPS-SPWM (carrier phase shifting – SPWM) là dựa vào N nhóm mạch bán cầu ba pha của bộ chỉnh lưu ba pha (mô đun PWM). Mỗi mạch điện cầu ba pha đều sử dụng phương pháp điều chế SPWM các van công suất tần số đóng cắt thấp với một sóng điều khiển riêng. Tiến hành đưa vào N nhóm sóng hình tam giác để điều chế. Các sóng tam giác có biên độ như nhau, nhưng lệch pha nhau góc không đổi, vì thế các xung đầu ra của SPWM cũng lệch pha một góc nhất định, thông qua xếp chồng tín hiệu đầu ra thu được tín hiệu một chiều ổn định, tăng hiệu quả công suất mạch điện. Lựa chọn góc di pha hợp lý có thể làm lượng sóng hài biên độ lớn giảm đi. Tín hiệu xung điều khiển SPWM của

các mô đun mạch bán cầu do so sánh giữa sóng hình tam giác và sóng điều khiển chính sin sinh ra. Toàn bộ các sóng điều khiển hình chính sin của các mô đun mạch điện bán cầu là như nhau. Tuy nhiên giữa các sóng tải của các mô đun tồn tại góc di pha. Đây là yếu tố làm nên vị trí sóng các xung từ các mô đun của bộ SPWM, biên độ xung như nhau, tuy nhiên dãy xung không trùng hợp. Khi xếp chồng thu được điện áp đầu ra tần số đóng cắt cao, giảm nhỏ sóng hài đầu ra.

Ý nghĩa cơ bản của phương pháp điều chế CPS – SPWM là: có thể tổ hợp thiết bị biến dòng mang tính điện áp gồm N mô đun sử dụng cùng một tín hiệu sóng điều khiển S_m tần số ω , sóng tải hình tam giác của các mô đun biến dòng tần số $K_c \cdot \omega$. Vị trí các sóng pha hình tam giác lệch nhau $1/N$ chu kỳ sóng hình tam giác.. Với N là số mô đun biến dòng, K_c là tỉ lệ tần số điều chế, m_r là tỉ lệ biên độ điều chế. Nguyên lý như hình 2 với $N = 2$.



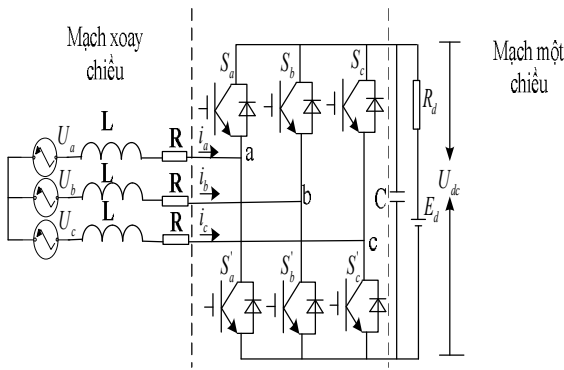
Hình 2. Nguyên lý điều chế CPS-SPWM

P_1 và P_2 là mạch xung sinh ra khi so sánh sóng hình tam giác và sóng điều khiển hình sin.

III. MÔ HÌNH MÔ PHỎNG THIẾT BỊ CHỈNH LƯU NGUỒN ĐIỆN ÁP HAI VÒNG HỒI TIẾP

1. Mô hình

Thiết bị chỉnh lưu nguồn điện áp cầu ba pha như hình 3

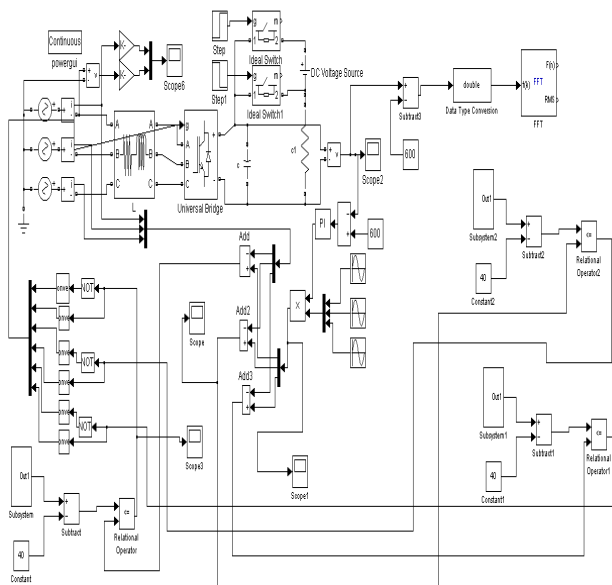


Hình 3 Thiết bị chỉnh lưu cầu ba pha nguồn điện áp PWM

2. Thiết lập mô hình mô phỏng hệ thống

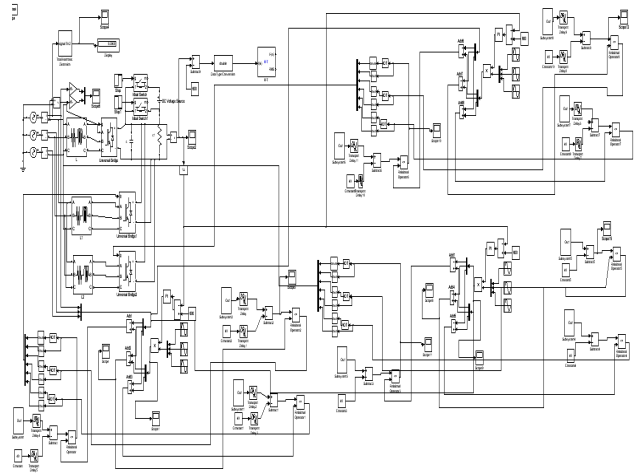
Dựa theo phương pháp điều chế, sử dụng phần mềm Matlab simulink thiết lập mô hình mô phỏng thiết bị chỉnh lưu PWM nguồn điện áp có hai vòng hồi tiếp.

(a). Hình 4 mô tả mô hình mô phỏng thiết bị chỉnh lưu SPWM với phương pháp điều chế tự nhiên



Hình 4 Mô hình thiết bị chỉnh lưu SPWM phương pháp điều chế tự nhiên.

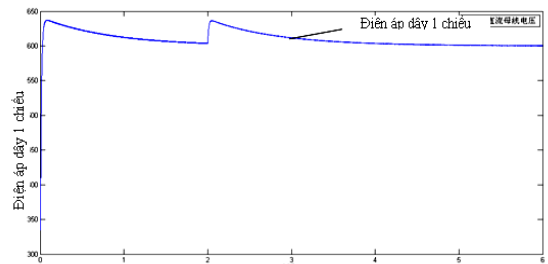
(b). Hình 5 mô tả mô hình mô phỏng thiết bị chỉnh lưu với phương pháp dùng kỹ thuật điều chế CPS-SPWM



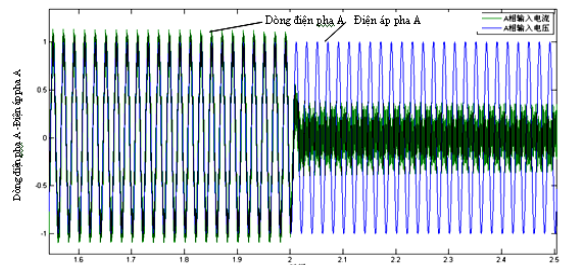
Hình 5 Mô hình thiết bị chỉnh lưu phương pháp điều chế CPS-SPWM.

IV. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

1. Trong mô phỏng ứng dụng bước nhảy cố định dạng ode45. Bước nhảy lớn nhất $1.e^{-4}$. Mô hình thiết bị chỉnh lưu công suất hệ thống 22kW. Thời gian mô phỏng 6(s). Cả hai loại hệ thống nói trên đều có thể thực hiện công suất hai chiều lưu động. Ở thời điểm 2s nguồn điện một chiều thực hiện việc hồi quỹ năng lượng. Thực hiện đủ 2 chế độ làm việc chỉnh lưu và nghịch lưu.



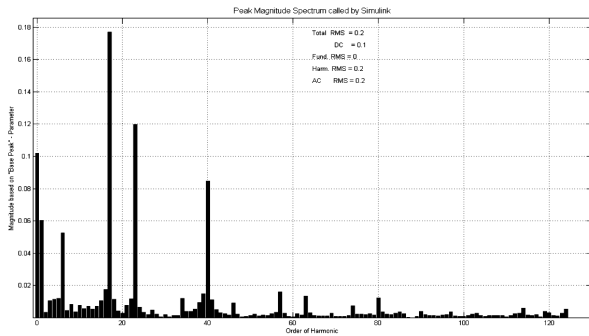
Hình 6. Sóng điện áp một chiều



Hình 7. Sóng dòng điện và điện áp pha A bộ chỉnh lưu VSR ở hai chế độ chỉnh lưu và nghịch lưu.

2. Thiết bị chỉnh lưu PWM có thể loại trừ toàn bộ sóng hài trong lưới điện, tuy nhiên do các linh kiện IGBT lúc đóng cắt sinh ra sóng hài là không thể ngăn ngừa. Sóng hài do IGBT sinh ra và hệ số điều chế tần số của SPWM là tỉ lệ thuận. Điều này sẽ thấy rõ qua kết quả mô phỏng

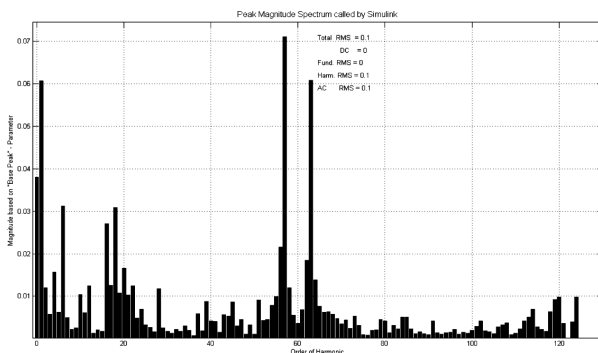
(a). Phổ sóng tần sóng hài điện áp một chiều trong kỹ thuật điều chế tự nhiên SPWM như hình 8.



Hình 8. Phổ sóng tần sóng hài điện áp một chiều trong kỹ thuật điều chế tự nhiên SPWM.

Sóng hài chủ yếu tập trung từng nhóm 20 nhịp gần nhau. Theo tỉ lệ điều chế tần số $K_c=20$. Chứng tỏ phương pháp điều chế tự nhiên điều chế SPWM sóng hài do IGBT sinh ra phụ thuộc tỉ lệ điều chế tần số.

(b). Phổ sóng tần sóng hài điện áp một chiều trong kỹ thuật điều chế CPS- SPWM hình 9. Số mô đun chỉnh lưu PWM là $N = 3$



Hình 9 Phổ sóng tần sóng hài điện áp một chiều trong kỹ thuật điều chế CPS- SPWM.

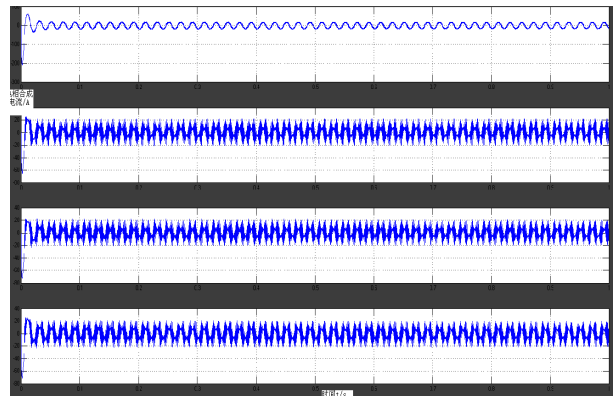
Sóng hài tập trung theo từng nhóm 60 nhịp liên nhau. Theo tỉ lệ điều chế tần số là $K_c = 20$. Chứng tỏ sóng hài sinh ra do linh kiện IGBT trong kỹ thuật điều chế CPS-PWM phụ thuộc tỉ lệ điều chế tần số

của SPWM và số mô đun chỉnh lưu N . Trong mô phỏng trên tần số sóng hình tam giác là 1000Hz. Số nhịp sóng hài trong từng nhóm sẽ là $N.K_c$, vì thế nâng cao được tần số đóng cắt đầu ra N lần, chất lượng đặc tính sóng đầu ra được cải thiện lớn.

Thông qua so sánh sóng phổ tần của hai hệ thống ta thấy: sóng hài tín hiệu SPWM đơn lẻ xuất hiện từng nhóm 20 nhịp kề nhau. Sóng hài tín hiệu của CPS-SPWM xuất hiện từng nhóm 60 nhịp liên kề nhau. Như vậy đã nâng cao tần số đóng cắt 3 lần, sau 60 nhịp thì sóng hài cơ bản được loại trừ, nâng cao chất lượng sóng.

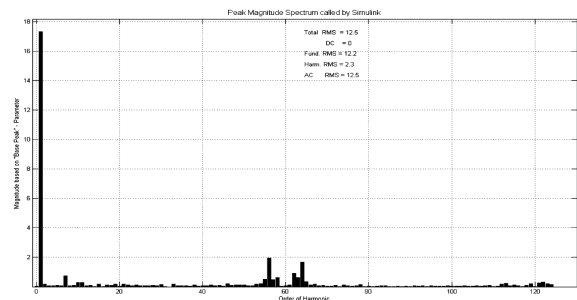
(c) Phổ tần sóng hài dòng điện mạch xoay chiều thiết bị chỉnh lưu CPS-PWM.

Dòng điện thành phần pha A và dòng điện tổng hợp pha A như hình 10.

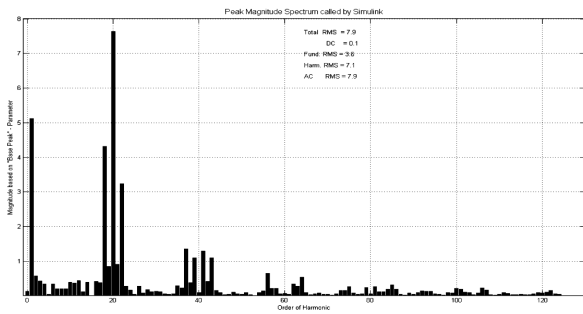


Hình 10. Dòng điện thành phần pha A và dòng điện tổng hợp pha A .

Từ hình 10 có thể thấy sóng dòng điện mạch điện thành phần có dạng gần hình sin, sóng của dòng điện tổng hợp có độ chính sin cao hơn và mịn hơn nâng cao hiệu quả hiệu chỉnh công suất.



Hình 11 Phổ tần sóng hài dòng điện tổng hợp pha A .



Hình 12 Phổ tần sóng hài dòng điện thành phần pha A.

Từ hình 11 và 12 ta thấy sóng hài dòng điện thành phần xuất hiện từng nhóm 20 nhịp liên nhau. Sóng hài dòng điện tổng hợp xuất hiện theo nhóm 60 nhịp kế nhau. Như vậy tần suất đóng cắt được nâng cao 3 lần. Hàm lượng biên độ sóng hài giảm đáng kể, cải thiện đặc tính đầu

Tài liệu tham khảo:

- [1] Võ Minh Chính, Phạm Quốc Hải, Trần Trọng Minh, Điện tử công suất, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật; Hà Nội, 2008.
- [2] Nguyễn Văn Nhờ, Bài giảng điện tử công suất, Đại học Bách khoa TP Hồ Chí Minh, 2010.
- [3] Li Chun, Nghiên cứu kỹ thuật điều khiển số chỉnh lưu nhiều cấp CPS - SPWM ứng dụng thiết bị nguồn điện loại sóng nhiều, Đại học Triết Giang Hàng Châu Trung Quốc, 2006.
- [4] Li Jianlin, Wang Liqiao, Ứng dụng kỹ thuật điều khiển sóng mang CPS - SPWM trong biến đổi công suất lớn, Nhà xuất bản Cơ khí công nghiệp Bắc Kinh Trung Quốc, 2009.
- [5] Li Jianlin, Hu Changsheng, Wang Liqiao, et al. APF Based on Multilevel Voltage Source Cascade Converter with Carrier Phase Shifted SPWM[C]. TENCON 2003. Conference on Convergent Technologies for Asia-Pacific Region, 15-17 Oct.2003, Vol.1, 264-267.
- [6] Li Jianlin, Wang Liqiao, Li Yuling, et al. A Novel Current-Source Converter with Carrier Phase Shifted SPWM for Active Power Filter[c]. TENCON 2003. Conference on Convergent Technologies for Asia-Pacific Region, Vol.1, 15-17Oct.2003,268-272.

Abstract

SIMULATION OF CPS-SPWM HIGH-POWER INVERTER

Vu Minh Quang

Hanoi Water Resources University

Zhao Jian, Wang Dazhi

Northeastern University of China

Three-phase PWM voltage source rectifiers (VSR) are applied to the Frequency inverter in place of conventional no-control rectifiers based on power diode in this thesis. The paper introduced fundamental principle of CPS-SPWM. expounded design of structure of double loop voltage type PWM rectifier system based on CPS-SPWM control. Thus understand that the CPS-SPWM technique can achieve SPWM technology of high power occasion, greatly improve the output waveform, reduce output harmonics, improve the equivalent switching frequency, optimize system performance. Simulink results show the system has good static performance and dynamic performance and CPS-SPWM is rationality.

Key word: CPS-SPWM; PWM rectifier; high-power; inverter.

ra. Hay nói cách khác: kỹ thuật CPS – SPWM có tính năng tổng hợp không thất thoát.

V. KẾT LUẬN

Đề tài đã nghiên cứu phương pháp điều khiển bộ chỉnh lưu ba pha dùng kỹ thuật điều chế CPS – SPWM. Qua đó khẳng định phương pháp đạt hiệu quả điều khiển cao. Nâng cao được tính năng của hệ thống chỉnh lưu, giảm thiểu sóng hài nhiều đến mạng điện, nâng cao chất lượng điện năng và hệ số công suất sử dụng điện. Đồng thời có khả năng hồi lại năng lượng về lưới điện. Với kỹ thuật CPS – SPWM từ các thiết bị tần số đóng cắt thấp có thể thực hiện được hiệu quả tần số đóng cắt cao, thông qua việc triệt tiêu tương hỗ sóng hài của các mô đun có thể thực hiện biến đổi công suất lớn với đặc tính sóng đầu ra tốt đẹp hơn.